FONDO PIZZOFALCONE

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio XVI

Palchetto

Num.° d' ordine 2-F-28

NAZIONALE
B. Prov.
I
224
R. BIBLIOTECA
VITT. EM. III
NAPOLI

B P
I
224-225

Digitized by Google

DE

LA FOUDRE

I

TRAVAUX DE M. LE DOCTEUR SESTIER

Ramollissement gélatiniforme de l'estomac chez un enfant de vingt et un jours avec ulcérations nombreuses de l'iléon et du gros intestin. Journal hebdomadaire. T. I, p. 216 (1828).

Propositions de médecine et d'anatomie pathologique, thèse de doctorat en médecine. Paris, 12 avril 1832.

Compte rendu des travaux de la Société anatomique (Bulletin de la Société anatomique, 1832-1833).

Observations diverses relatives à l'anatomie pathologique (Bulletins de la Société anatomique, 1829, 1832 et 1833).

Jusqu'à quel point la percussion et l'auscultation ont-elles éclairé le diagnostic des maladies aiguës et chroniques du cœur. Thèse de concours d'agrégation de médecine. Paris, 1838.

Des causes spécifiques des maladies, thèse de concours d'agrégation de médecine. Paris, 1838.

Traité de la pneumonie, ou Tome III de la clinique médicale de l'Hôtel-Dieu. Paris, 1840, in-8°, 592 pages.

Ce traité consiste plus particulièrement dans l'analyse des observations recueillies par M. Sestier dans les hôpitaux et spécialement dans la clinique de Chomel.

Mémoire sur la bronchotomie dans les cas d'angine laryngée œdémateuse. Archives générales de médecine. Paris, 1850, 4e série, t. XXIII et XXIV.

Traité de l'angine laryngée œdémateuse. Paris, 1852, 1 vol. in-8°, 479 pages.

IMPRIMERIE L. TOINON ET Cie, A SAINT-GERMAIN.

606376

DE

LA FOUDRE

DE SES FORMES ET DE SES EFFETS

SUR L'HOMME, LES ANIMAUX, LES VÉGÉTAUX ET LES CORPS BRUTS
DES MOYENS DE S'EN PRÉSERVER ET DES PARATONNERRES

PAR

Le docteur F. SESTIER

Professeur agrégé de la Faculté de médecine
Ancien chef de clinique médicale de l'Hôtel-Dieu
Lauréat (médaille d'or) de l'École pratique
Membre de la Société médicale d'observation, de la Société anatomique
Chevalier de la Légion d'honneur

RÉDIGÉ SUR LES DOCUMENTS LAISSÉS PAR M. SESTIER ET COMPLÉTÉ

PAR

Le docteur C. MÉHU

Pharmacien en chef de l'hôpital Necker

BIBLIOTECA

TOME PREMIER

PARIS
J. B. BAILLIÈRE ET FILS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE
Rue Hautefeuille, 19

1866

AVERTISSEMENT

L'auteur si justement regretté de l'*Angine œdémateuse* rassemblait depuis plus de dix années les matériaux d'un ouvrage sur la foudre, quand une mort soudaine vint le frapper dans l'âge de la force. Malgré une pratique étendue à laquelle il donnait les soins les plus consciencieux, M. Sestier, on peut le dire sans exagération aucune, était incessamment occupé de ses études sur la foudre, et il m'en parlait souvent.

Les matériaux qu'il avait réunis dans ce dessein étaient immenses : je ne pouvais supporter la pensée qu'ils seraient perdus pour la science ; des préoccupations semblables ajoutaient à la trop juste douleur de Mme Sestier, et quelques semaines après l'irréparable malheur, je la priai de me confier les documents que son mari avait laissés pour en tirer le meilleur parti possible. Mme Sestier voulut bien y consentir.

Je ne pouvais étudier moi-même ces documents, dont une partie seulement avait été analysée par M. Sestier ; le caractère de mes études habituelles et mon âge s'y opposaient également; il fallait trouver quelqu'un qui voulût et qui pût se charger de cet important travail. — M. le docteur Grassi, alors pharmacien en chef de l'Hôtel-Dieu, que sa juste répu-

tation et la confiance du professeur Tardieu me désignaient à la fois, voulut bien se rendre à ma prière et accepter la tâche que je lui proposais. Mais bientôt après nos conventions arrêtées, un changement de position ne permit plus à M. Grassi de donner suite à ses engagements et je dus frapper à d'autres portes.

Le professeur Gavarret, que j'en remercie très-cordialement, voulut bien m'aider dans le choix de la personne que je cherchais, et, à sa recommandation, M. Méhu se chargea de l'étude des documents laissés par M. Sestier.

Cette étude consciencieuse n'a pas exigé moins d'une année d'un travail assidu.

Que M. Méhu veuille bien recevoir ici les plus sincères remercîments de Mme Sestier qui m'a prié de les lui offrir, et l'expression réitérée de ma reconnaissance.

Dr Louis.

Paris, le 2 janvier 1866.

PRÉFACE

L'ouvrage que nous publions a pour but de réunir en un seul faisceau l'ensemble de nos connaissances sur la foudre et ses effets tant sur les êtres vivants que sur les corps bruts. Il a coûté au docteur F. Sestier plus de dix années de laborieuses recherches.

Pendant dix années, en effet, ce médecin, aussi recommandable par le caractère que par le talent, parcourut sans relâche des milliers de livres et de journaux français et étrangers tant anciens que modernes; il recueillit les faits, les observations, les expériences, et même les croyances relatives à la foudre; il choisit dans les matériaux, fruit de ses consciencieuses investigations, plus de douze cents observations qui résument fidèlement nos connaissances positives sur ce sujet. La mort vint malheureusement l'arrêter avant qu'il eût eu le temps de mettre la dernière main à cet ouvrage, objet constant de ses efforts.

Le travail accompli par M. Sestier est *immense;* non-seulement ses recherches embrassent l'histoire des différentes formes de la foudre, mais aussi celle des phénomènes physiques ou météorologiques qui s'y rattachent. Esprit consciencieux, il n'épargna rien pour remplir complétement le

programme qu'il s'était tracé, et pour en faire jaillir les vérités utiles à la science et à l'humanité.

Certes, ce n'est pas la première fois que l'on trace l'histoire de la foudre. Arago, dans l'Annuaire du Bureau des longitudes pour 1838, a publié, sous le modeste titre de *Notice sur le tonnerre*, un traité qui sert de guide à tous ceux qui, depuis cette époque, se sont occupés de ce sujet. Arago savait bien son œuvre incomplète ; il l'a dit lui-même, il n'avait qu'esquissé *une sorte de canevas de l'histoire de la foudre :* c'est en vain que l'on chercherait dans son remarquable travail une histoire des effets de la foudre sur l'homme et sur les animaux.

Le vide principal de l'œuvre d'Arago n'échappa point à M. Sestier ; il l'a comblé par un immense chapitre qui aurait fait partie de *l'histoire des maladies rapidement mortelles par elles-mêmes ou par accidents* qu'il se proposait d'écrire, comme il l'annonce dans son *Traité d'Angine laryngée œdémateuse.* Aussi l'histoire des lésions produites par la foudre sur l'homme, celle des moyens de protection contre les terribles effets du météore, occupent-elles une large place dans son travail.

Nous nous sommes appliqué à classer méthodiquement les nombreux matériaux mis à notre disposition, nous avons éliminé ce qui s'éloignait trop du sujet que nous devions traiter : *la foudre et ses effets.*

Autant que nous l'avons pu nous avons conservé la rédaction primitive de l'auteur, et si nous revendiquons plus d'un tiers de l'ouvrage tel qu'il s'offre aujourd'hui, c'est souvent encore en utilisant les notes ou les indications bibliographiques recueillies par M. F. Sestier.

Nous avons rédigé complétement la partie qui comprend les effets de la foudre sur les végétaux, pour laquelle nous ne possédions qu'un petit nombre de notes. Nous avons transformé plusieurs chapitres, ajouté çà et là dans tout l'ouvrage, et particulièrement dans l'histoire des paratonnerres avant

Franklin, un grand nombre de citations grecques ou latines, fruit de patientes recherches.

Nous y avons joint quelques observations remarquables, échappées aux vigilantes recherches de M. Sestier, et vérifié soigneusement, autant qu'il nous a été possible, les indications bibliographiques que renferme ce livre.

Nous avons pensé bien mériter de la science aussi en insérant dans les diverses parties de l'ouvrage les faits nouveaux, les idées neuves qui se sont produits depuis 1855, dans les recueils scientifiques les plus accrédités : nous nous sommes borné aux observations les plus intéressantes et les plus dignes de confiance; enfin nous avons ajouté quelques documents statistiques publiés depuis cette époque.

L'ouvrage que nous avons achevé avec les documents laissés par M. F. Sestier, ou recueillis par nous-même, renferme l'histoire la plus complète de la foudre que nous connaissions, et l'histoire des effets de la foudre sur l'homme et sur les animaux *constituerait* à elle seule une œuvre remarquable et unique en son genre.

Nous l'avons divisé en cinq parties principales : la PREMIÈRE embrasse l'histoire des différentes *formes de la foudre;* la SECONDE celle des *effets généraux de la foudre sur les objets métalliques, les maisons, les navires, les poudrières, les télégraphes et les chemins de fer.* Dans la TROISIÈME partie se trouvent exposés les *effets de la foudre sur les végétaux et sur le sol;* dans la QUATRIÈME partie, les *effets de la foudre sur l'homme et sur les animaux*; enfin, *l'histoire des paratonnerres et celle des moyens de préservation personnelle* forme la CINQUIÈME et dernière partie.

Un sommaire en tête de chaque chapitre et des tables très-détaillées faciliteront considérablement les recherches.

Dr C. MÉHU.

2 Février 1866.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

A

Aberration mentale, II, 96, 176.
Ablations, t. II, 85.
Abris contre la foudre, II, 605 et suiv.
Absence de lésions, 279. — Avec mort des foudroyés, II, 73.
Accidents épileptiformes, leur traitement, II, 419.
Accouchement prématuré, II, 161.
Action toxique de la foudre, II, 292
Aérolithes, simulant le tonnerre sans éclair, 93.
Aiguilles de chemin de fer, 404.
Aiguilles aimantées, 322. — Voir aussi Boussoles.
Aimantation à bord des navires, 254. — Des instruments, 255. — Des pièces des édifices, 255. — Des pièces portées par les individus, 253.
Amas de bitume, 316.
Amaurose, II, 127.
Animaux (effets du choc en retour sur les), 191, 192, 193. — Feu Saint-Elme,
Anneaux des fées, 438.
Anurie, II, 153.
Aphonie, II, 137, 138.
Apoplexie cérébrale, II, 248. — Des poumons, II, 142, 259. — Voir aussi Congestion.
Apparoils télégraphiques, lésions, 396, 397 et 402.
Apparences lumineuses sur les animaux, 73 — Sur les arbres, 72. — Sur les barres, 67. — Sur les clochers, 63. — Sur l'eau, 238. — Sur les édifices, 237. — Sur l'homme, 235, 236. — Sur les individus, 235. — Sur les métaux, 253. — Sur les navires, 367. Sur les rails, 402. — Sur le sol, 237. — Voir aussi Feu Saint-Elme.
Apparences de la mort, voir Mort apparente.
Arborisations vasculaires, II, 11.
Arbres. — Conductibilité pour la foudre, 419. — Coupés transversalement, 432. — Décortiqués, 422. — Dégats considérables dus à la foudre, 433. — Ecorce criblée, 422. — Epargnes par la foudre, 416, 417. — Excoriés, 421. — Effets de combustion, 432. — Effets de la foudre ascendante, 181, 182. — Effets de la foudre en globe, 141. — Fendus, 426. — Feu Saint-Elme sur arbres, 72. — Forés, 431. — Fréquence de leur foudroiement, 415. — Incendiés, 432. — Lésions suivant la direction de la foudre, 420. — Considérés comme paratonnerres, II, 524, 532, 621, 622. — Préservant de la foudre, II, 432. — Rapports de leurs lésions avec la direction de la foudre, 420. — Roulés, 431. — Sillonnés, 423. — Statistique des arbres foudroyés, suivant l'espèce et les saisons, 418, 419. — Tordus, 432. — Leur vitalité après le foudroiement, 430. — Voir aussi Mâts et Poteaux de télégraphe.
Ardoises, 294.
Armatures naturelles des bâtiments (action de la foudre en globe sur les), 146. — Considérées comme paratonnerres, II, p. 550.
Armes, II, 377. — Feu Saint-Elme, 68, 69.
Armes à feu, II, 386.
Arrachement des métaux, 240.
Artères. Lésions, II, 268. — Pulsations des, II, 144.
Asphyxie, comme cause de la mort des foudroyés, II, 202.
Astrapyalites, 453.
Attitude du cadavre, II, 216.
Attraction de la foudre par les métaux, 271.
Avortement, II, 162.

B

Bains froids, contre la mort apparente, II, 406.

Ballons captifs, II, 522.
Ballonnement do l'abdomon, II, 274.
Baromètres, 322.
Barre enflammée, voir Globe de feu, Foudre en globe, 139. — Lumineuse, 205.
Bas, II, 362.
Bijoux, II, 374.
Bile, II, 152.
Blessures qui ont laissé la vio sauve, II, 66. — Légères qui ont amené la mort ou ont coïncidé avec elle, II, 68.
Board-house de Purfleet, II, 513.
Boîtes à mitraille, 347.
Bolides, voir Globes do feu. — Incendiaires, 216
Boules de feu, 115, voir Foudre en globe, Globes de feu. — Lumineuse, 118. — Rebondissante, 117. — Remontante, 117.
Bourdonnements d'oreilles, II, 131.
Boussoles. Altérations, 348, 357. — Paralysées, 349 et suiv. — Renversement des pôles, 350 et suiv — De télégraphes, 391.
Brique vitrifiée, 453.
Broncho-pneumonie, II, 143.
Brûlures, II, 48. — Produites par la foudre en globe, 161. — Causes de mort. II. 210. — Leur pronostic, II, 290. — Leur traitement, II, 426.

C

Cabires, 63.
Cadavre. Ses attitudes, II, 216. — Sa couleur, II, 220. — Son odeur, II. 228. — Sa putréfaction, II, 231. — Sa roideur, II, 223. — Sa température, II, 221. — Voir aussi Hémorrhagie.
Calorification, 232.
Canne-paratonnerre, II, 537.
Canonnade, II, 544.
Capra saltans, 207.
[illegible]ectés, II, 6.
Castor, 62, 82.
Carreaux, voir Vitres.
Catacombes, 314.
Cataracte, II, 128.
Causes de la mort des foudroyés, II, 199, 204, 210.
Causes de la mort longtemps après le foudroiement, II, 207.
Caves (effets do la foudre dans les), 313. — Abri contre la foudre, II, 606.
Cécité, II, 125, 127, 129. — Guérie, II, 176. — Voir Cataracte.
Centres nerveux. Lésions, II, 239.
Cercles des fées, 238, 438. — Magiques, 438. — Des mâts, 335. — Nécromanciens, 438.
Cerf-volant électrique, II, 521.
Cerveau. Lésions, II, 239.
Chair des animaux foudroyés, II, 235.
Chaleur. Son emploi contre la mort apparente, II, 400.
Changement d'humeur, II, 104.
Charpente, 306.
Chasma, 223.
Châssis des fenêtres, 308.
Chatouillement contre la mort apparente, II, 404.
Chaussettes, II, 362.
Chaussures, II, 357.
Chemins de fer, 402.
Cheminées, 301. — Dangers de s'en approcher pendant l'orage, II, 615.
Cheveux. Altérations diverses, II, 35, 43, 44, 45, 46. — Brûlés, II, 35.
Chevron de feu, 205.
Choc en retour, avec détonation et sans lumière, 189. — Avec détonation et lumière, 189, 194. — Sans détonation, 189. — Effets sur les animaux, 190 et suiv. — Effets sur l'homme, 190. — Effets sur les vêtements, 191. — Son influence sur la production d'étincelles dans les maisons, 196. — Son origine et sa réalité démontrées par des expériences. 188.
Chronomètres, 347, 355.
Chute des foudroyés, II, 85.
Circulation, II, 144.
Cirrus, définition, 4. — Leur rôle dans la formation des orages, 33.
Classification des lésions, II, 2.
Clochers, avec feu Saint-Elme, 63. — Préservés par les paratonnerres, II, 478. — De Strasbourg, II, 519.
Cloches, 276.
Cloisons, 311.
Clypeum, 223.
Cœur. Lésions, II, 266.
Coiffures, II, 362.
Collapsus, II, 147.
Colorations diverses, II, 7. — Des foudroyés, II, 220.
Combustion humaine spontanée, II, 77.
Conducteur de paratonnerre, sa description, II, 581. — Sa nature, II, 588. — Ses altérations, II, 469, 504, 506, 507. — Sa direction, II, 587. — Enduits de protection. II.

586. — Son isolement, II, 590. — Nombre, II, 587. — Sous la forme de barre, II, 582. — En câbles métalliques, II, 563, 589. — En chaînes métalliques, II, 563, 583. — En plaques de cuivre, II, 566, 586.— Sous forme de tubes, II, 584. — — Accidentels, II, 493. — Continus, II, 487. — Devenant foudroyant quand le paratonnerre est frappé, II, 600. — Interrompus, II, 485. — Lumineux pendant le roulement, II, 488. — Mobiles, leurs dangers, II, 567.
Conductibilité des arbres pour la foudre, 419. — Des métaux, 232, 234, 272, 273. — Influence de la surface métallique et de sa forme, 274, 275.
Conduits aériens (hémorrhagies des), II, 143.
Congestion des poumons, II, 142. — Cérébrale, son traitement, II, 416, 418. — Pulmonaire, son traitement, II, 418.
Constitution des nuages, 28. — Son influence sur le pronostic, II, 310.
Convulsions cloniques, II, 105 — Épileptiformes, II, 106. — Guéries, II, [illegible] — Des muscles de l'œil, II, 122. — Des muscles de la phonation, II, 136. — Des organes de la déglutition, II, 148. — Toniques, II, 107.
Cornée, II, 131.
Corposant, 63.
Corps conducteurs, 233.
Comazant, 63.
Conduction à l'intérieur des édifices par les objets métalliques, 324.
Corona de nostra senora, 63.
Corpo santo, 63.
Corps isolants, 233.
Couleur du cadavre, II, 220. — Des éclairs, 36.
Courants de feu, 238.
Crâne. Lésions, II, 263.
Croisées, 308.
Cumulus, définition, 4. — Électricité, 25. — Leur rôle dans la formation des orages, 33.
Cystite, II, 152.

D

Daltonisme, II, 125.
Déchirement des pièces métalliques, 243.
Déglutition, II, 136.
Délire, II, 96, 99... — Son traitement, II, 415.
Démence chronique, II, 104.
Densité des nuages, 25.
Déplacement, 225. — Sans contact de la foudre, 229. — Par influence, 230. — Des murs, 300. — Par action à distance de la nuée orageuse, 231. — Voir aussi Transport.
Dessins tracés sur l'homme, II, 11.
Diarrhée, II, 150. — Fétide, II, 169.
Digestion, II, 274.
Dilatation des veines, II, 6.
Dimensions des nuages, 18.
Dispersion, causes, 226. — Par action directe, 225. — Des ardoises, 294. — Des cuivres, 294. — Des moellons, 295. — Des pierres, 295.
Disposition en file. Son influence, II, 318.
Distension de l'abdomen par des gaz, II, 274.
Division de la foudre, II, 461.
Dorures, 282.
Douleurs, II, 90.
Durée des éclairs, 38.
Dyspnée, II, 140. — Comme cause de mort, II, 204.
Dysphagie. Voir aussi Déglutition, II, 148.

E

Ecchymose, II, 7.
Écho. Son rôle dans le roulement du tonnerre, 109.
Éclair, définition, 35. — En boule, 117. — De chaleur, 50. — Colorés, 36. — Courbés en arc, 35. — Diffus, 50. — Durée, 38. — Linéaires, 35. — Longueur, 37. — Ondulés, 35. — Sinueux, 35. — Vitesse, 40. — Non vus par les foudroyés, II, 82. — A plusieurs branches terminées en boule, 168. — Imitation des éclairs, 41. — Vivacité, 36. — Intervalles entre l'éclair et le bruit du tonnerre 89. — Silencieux dans une trombe, 56. — Sans tonnerre, observés à la Havane, 55. — Sans tonnerre par un temps couvert, 53. — Sans tonnerre par un ciel orageux, 50. — Par un ciel serein, 50. — Rapport avec la foudre en globe, 165. — Théorie, 42.
Ecoles, II, 327.
Ecorce d'arbre, 422.
Ecuries, 317.
Edifices foudroyés malgré leurs paratonnerres, II, 504. — Préservés par leurs paratonnerres, II, 474, 475. —Protégés par leurs armatures

naturelles, II, 492. — Protégés par les masses métalliques, II, 491.
Effets généraux de la foudre, 225.
Effets de la foudre. Arrachement, 240. — Calorification, 232. — Déplacement, 229. — Dispersion, 225. — Incision, 232. — Sur les mâts, 226.— Sur les objets métalliques, 240.— Ondulations des tiges métalliques, 240. Perforation, 232. — Sur les roches, 225, 449-450. — Sur les végétaux, voir Arbres, Herbes, etc. — Bienfaisants de la foudre sur les végétaux, 435. — Sur l'homme, II, 172. — Salutaires, II, 172. — Section, 232. — Sur les télégraphes, II, 558. — Sur la terre glaise, 227. — Transport, 225. 226, 227. — Sur les vêtements, II, 342. — Sur la viande, II, 235.
Eglises, 396.
Electricité des nuages, 25. — Orageuse, action sur les télégraphes électriques, 386. — Non orageuse, action sur les télégraphes électriques, 386. — Employée contre la mort apparente, II, 393. — Tuant sans lesions, II, 280. — Son rôle dans la combustion humaine spontanée, II, 77.
Electro-subtracteur, II, 540.
Empoisonnement par la foudre, II, 163.
Encadrements, 308.
Enduit déposé par la foudre, II, 4.
Enflure des membres, II, 146.
Entozoaires, II, 170.
Epaisseur des nuages, 16.
Epanchement de sang dans le cerveau, II, 244. — Des plèvres, II, 262.
Epiderme, II, 46.
E[illegible] genitalis, II, 221.
Erythème, II, 48.
Escharres, II, 50.
Estomac, II, 148, 275.
Etourdissement, II, 96.
Evacuations involontaires, II, 150.
Explosion de la foudre en globe sur les navires, 366.
Expression de la face, II, 220.
Extinction des feux, 411.

F

Face. Son expression chez les foudroyés, II, 220.
Fenêtres, 308.
Fenêtres, 308. — Dangers de s'en approcher pendant l'orage, II, 613.
Fer. Tiges fondues par la foudre, 226, 260.
Ferrures amenant la foudre à l'intérieur d'un bâtiment, 323.
Feu Saint-Elme sur les aiguilles à tricoter, 69. — Sur les animaux, 73, 81. — Sur les arbres, 72. — Sur les baïonnettes, 69. — Sur les barres métalliques, 67. — Sur les branches, 72. — Sur les canons de fusils, 69. — Sur les chevaux, 73. — Sur les cheveux, 79. — Sur les clochers, 63. — Sur les galons métalliques, 80. — Sur les harnais, 73. — Sur l'herbe, 72. — Sur l'homme, 74, 75, 76, 80. — Sur les navires, 65. — Sur la neige, 70. — Sur la paille, 72. — Sur les paratonnerres, 67. — Sur les paratonnerres, II, 483. — Sur les piques, 69. — Sur les pointes métalliques des parapluies, 69. — Sur les pointes des rochers, 70. — Sur les rails, 68. — Sur les remorqueurs, 67. — Sur le sommet des vagues, 70. — Sur la surface des eaux, 70. — Sur les tringles métalliques, 67. — Sur les vêtements, 75-80. — Définition et synonymie, 62. — Bruissement, 79. — Sans manifestations lumineuses, 78. — En nappes de feu, 82. — Au milieu des orages, 76. — Passant graduellement aux décharges presque foudroyantes, 77. — Pronostic, 82. — Reproduit par la machine électrique, 82. — Théorie, 82. — Voir aussi Phosphorescence.
Feu Sainte-Claire, 63.
Feux éteints par la foudre, 411. — Multipliés comme paratonnerres, II, 548.
Feuilles d'arbres, 434. —Roussies, 429, 430. — Transportées par la foudre, 436.
Figures tracées sur le corps de l'homme, II, 11. — De Lichtenberg, II, 13.
Fils métalliques raccourcis, 241. — De sonnettes, 284. — Leurs dangers, II, 611.
Fils de télégraphe. Dangers de leur voisinage, 400, II, 623. — Action de l'électricité non orageuse, 386. — Action de l'électricité orageuse, 386. — Perturbation due à l'action à distance, 388. — Fondus, 395. — Frappés directement par la foudre, 394. — Souterrains, 395. — Occasionnant des accidents sur l'homme et sur les animaux, 400. — Produisant un son, 395.
Flagellation contre la mort apparente, II, 404.

Fleurs de Lichtenberg, II, 13.
Foie, II, 277.
Formation de la grêle, 109. — Des orages, 30.
Forme des nuages, 1.
Foudre attirée par les métaux, 271. — Sa bifurcation, II, 461, 512. — Se divisant symétriquement sur les armatures métalliques des maisons, II, 495. — S'écoulant par les paratonnerres, II, 460. — Son action à distance, II, 331. — Son action sur les édifices non armés de paratonnerres, II, 479 — Son influence sur deux bâtiments voisins dont l'un est armé de paratonnerre, II, 477, [illegible] pour l'attirer, II, 437 et suiv. — Sous un ciel serein, 58, II, 439. — Frappant une personne sur deux qui sont voisines, II, 335. — Frappant deux fois pendant le même orage, II, 324. — Passant entre deux personnes, II, 335. — Voies de sortie des navires
Foudre ascendante. Voir aussi Choc en retour. — (Opinion des auteurs sur la), 173. — Observée directement, 174. — Démontrée par ses effets, 179. — Effets généraux, 183. — Effets sur les arbres, 181, 184, 185, 421, 423. — Effets sur l'homme, 177, 178, 179, 182, 183. — Effets sur les maisons, 180, 181.
Foudre en fusée, 174.
Foudre en globe. Histoire générale, 147. — Sa nature, 170. — Sous la forme d'un nuage obscur roulant, 170. — Ascendante, 118, 174. Sa fréquence, 168. — Descendante, 114. Sa fréquence, 168. — Se mouvant de haut en bas et de bas en haut à plusieurs reprises, 123. — Courbe, 152. — Droite, 152. — Ondulée, 152. — Rebondissante, remontante, 152. Entre deux nuages, 124. — Des éruptions volcaniques, 169. — Des tremblements de terre, 169. — Terminant un éclair à plusieurs branches, 168 — Sa fréquence suivant les saisons, 167 — Son passage à travers des orifices, 153. — Ses rapports avec les orages, 165. — Ses rapports avec l'éclair, 165. — Bruit de torrent, 151. — Direction, 152. — Disparition, 136. — Division, 150. — Eclatant, 157. — N'éclatant pas, 156, — Forme, 149. — Fumée, 151. — Jet de flammes et d'étincelles, 150. — Mouvement propre, 150. — Mouvement de translation, 154. — Nombre, 147. — Odeur, 151. — Sifflement, 151. — Vapeur, 151. — Volume, 149. — Effets divers, 126. — Effets généraux, 160. — Sur un appareil électrico-atmosphérique, [illegible] — Sur les arbres, 141. — Sur les armatures naturelles des bâtiments, 146. — Sur les chaumières, 135. — Sur les clochers, 131. — Sur les édifices, 134, 160. — Sur les églises, 130. — Sur les fours à tuiles, 142. — Sur l'homme, 162. — Sur les maisons, 135, 160. — Sur les meules de foin, 141. — Sur les navires, 161, 361 — Sur les paratonnerres, 144, — Sur les salles de spectacle, 135. — Sur les tentes, 135. — Sur les tours, 131.
Foudre globulaire. Voir Foudre en globe.
Foudroiement. Rapport avec la foudre en globe, 165. — Du *Saint-Louis*, 265. — Sous un ciel serein, 58 et II, p. 439.
Foudroyés brûlés, II, 77. — Disparus, II, 77. — Incinérés, II, 77. — Morts avec des blessures légères, II, 68. — Soulevés, transportés, II, 85. — Survivants à leurs blessures, II, 66. — Sensations diverses dues au foudroiement, II, 91, 92, 93. — Ne voient pas l'éclair, n'entendent pas le tonnerre, II, 82.
Four à faïence, 412. — A tuiles, 142, 412.
Fractures, II, 59. — Chez les animaux, II, 61. — Des cartilages, II, 60. — Du crâne, II, 59 et 248. — Des membres, II, 60. — Des os de la face, II, 60. — Du temporal, II, 244. — Du tronc, II, 60.
Frayeur des orages, moyens de s'en garantir, II, 429.
Fréquence du foudroiement des arbres, 41[illegible]
Friabilité due à la foudre, 258.
Frictions contre la mort apparente, II, 404.
Fulguration multiple, II, 323.
Fulgurites, 453. — Leur formation, leur nature, 459. — Allongées, solides, 458. — Artificielles, 460. — En feuillets, 459. — D'Afrique, 473. — D'Allemagne, 462. — D'Amérique, 474. — D'Amrum, 469 — D'Angleterre, 470. — De Bahia, 474. — De Dibla, 473. — De Dresde, 464. — De Drugg, 471. — D'Ecosse, 470. — De France, 473. — De Laukendorf,

465. — De Loschwity, 464. — De Münster, 466. — De Nietleben, 469. — De Rauschen, 468. — De Rome (New-York), 474. — De la Senne, 462, 463. — De Saint-Martin de Thury, 473. — Voir aussi Tubes fulminaires.
Fumée, 239. — Son action sur les nuages orageux, 305.
Fusée volante, 221.
Fusées volantes, comme paratonnerres, II, 543.
Fusion des plus grandes masses métalliques, 260. — Limite de la fusion des tiges, 268. — Voir Métaux.

G

Galvanomètres, 322.
Gangrène des plaies, II, 64.
Garde-tonnerre de Bertholon, II, 526.
Gerbe lumineuse, 220.
Glaces, 280.
Globe ardent, 116. — Enflammé, 114. Globes de feu. Histoire générale, 107. — 118, 119, 121, 122, 124, 126 à 129. — Couleur, 201. — Direction, 206. — Durée, 203. — Forme, 200. — Hauteur, 200. — Lumière, 201. — Avec étincelles, 210. — Avec traînée, 210. — Incendiaires, 216. — Lançant une fumée, 221. — A queue, 209. — Provenant de traînées lumineuses, 222. — Mouvement rotatoire et intestin, 209. — Nombre, 198. — Odeur, 200. — Saccades, 208. — Volume, 202. — En forme d'arbre, 203. — En forme de charrette enflammée, 205, 206. — En forme de flamme oscillante, 205. En forme de larmes, 204. — En forme de muid, 205. — En forme de nappe, 204. — En forme de pavillon, 205. — En forme de pièce d'étoffe, 204. — En forme de poutre, 205. — En forme de tonneau, 206. — Chute à terre, 215. — Leur explosion simple ou multiple, 211 à 214. — Leur fréquence suivant les saisons, 215 — Lancés par une colonne de feu, 221. — Voir Foudre en globe, Météores ignés, Foudre ascendante, Foudre descendante.
Gonflement des veines, II, 145.
Goût, II, 134. — Goût hépatique, II, 165.
Goutte guérie, II, 177.
Gouttières servant de conducteurs, II, 496.
Granges, 318.
Grêle, sa formation, 109.
Grossesse, II, 159.
Guérisons par la foudre, II, 172. — Après le foudroiement, ses chances, II, p. 283.

H

Harpoïs, II, 320.
Hauteur des nuages, 8, 11.
Hébétude, II, 97.
Hélène, 62.
Hématurie, II, 153, 154, 157.
Hémiopie, II, 127.
Hémiplégie, II, 114, 208. — Hémiplégie croisée, II, 160. — Guérie, II, 174.
Hémorrhagies. Du cerveau, II, 239, 240. — Diverses, II, 146, 147. — Nasales, II, 169. — Des muqueuses, II, 146. — Des plaies, II, 64. — Dans les plèvres, II, 262. — Des cadavres par diverses voies, II, 269. — Des voies aériennes, II, 143. — Des voies respiratoires, II, 144.
Herbes, 437. — Avec feu Saint-Elme, 72.
Hernies, 63.
Horloges, 276.

I

Images électrographiques ou kérauno-graphiques, II, 19.
Imitation des éclairs, 41.
Impressions colorées sur les murs, 297.
Incendies de navires, 340. — Remarquables, 407.
Incinération du corps humain, II, 77.
Incision, 232. — Des métaux, 244.
Incrustation des métaux, 252.
Individus frappés plusieurs fois, II, 323. — Individus rassemblés en grand nombre, II, 325.
Inflatio membri genitalis, II, 221.
Influence des grandes agglomérations d'individus, II, 325. — De la foudre à grande distance, II, 331. — De la disposition en file, II, 318. — De la profession, II, 321. — Diverses, voir Pronostic, Métaux.
Injection capillaire, II, 6.
Insufflation pulmonaire employée contre la mort apparente, II, 399.
Intelligence troublée, II, 96.
Intestin, t. II, 277.
Irritabilité musculaire, t. II, 222.

L

Langue, II, 276.
Laryngo-bronchite, II, 141.
Larynx. Lésions, II, 262.
Lattes des eloisons, 311.
Lésions des organes, des vêtements, etc. Cherchez le nom de l'organe, du vêtement, de l'objet, etc. — Leur classement, II, 2. — Légères, amenant la mort, II, 68. — Nulles, II, 279. — Qui semblent produites par égratignure, flagellation, incision, II, 41. — Lenticulaires, II, 25. — Punctiformes, II, 25. — Pareilles à celles des balles, II, 57. — Sous forme de raies, II, 29. — Leur pronostic, voir Pronostic. — Des paratonnerres, 465. — Des vêtements, leurs rapports avec celles du corps, II, 342.
Lipothymie, II, 144.
Lit, comme abri contre la foudre, II, 608.
Longueur des éclairs, 37.
Lumière enveloppant les foudroyés, [illegible] — Voir Apparences lumineuses.

M

Magasins à laines, 316.
Magasins à poudre, foudroiement avec explosion, 378. — Foudroiement sans explosion, 382. — Des navires, 343. — Tableau des magasins qui ont sauté, 379. — Moyens de protection, II, 531. — De Bayonne, II, 516.
Maisons, 327.
Maladies guéries par la fulguration, II, 172.
Masse de feu, 115.
Mâts brisés, 327. — Clivés, 330. — Clivés en lattes, 333. — Coupés transversalement, 329. — Fendus, 329. — Perforés, 332. — Sillonnés, 331. — Soulevés, 332. — Lésés au centre, 333. — Lésions des cercles, 335. — Avec feu Saint-Elme, 67. — Statistique des coups de foudre sur les différents mâts, 337.
Médailles concernant l'histoire de la foudre, II, 442.
Médicaments internes employés dans le cas de fulguration, II, 423.
Membres enflés, II, 146. — Tuméfiés, II, 146.
Mémoire perdue, II, 83, 98.
Menstruation, II, 158.
Mesuration de la hauteur des nuages, 11.
Métaux. Ablation de la rouille, 259. — Aimantés, 255. Voir Aimantation. — Altérés chimiquement, 258. — Arrachés, 240. — Attirant la foudre, 271. — Attirant la foudre, II, 610, 611. — S'attirant réciproquement, 257. — Coupés, 244. — Déchirés, 243. — Desoxydés, 259. — Fondus, 259. — Fondus sans altération des substances voisines, 269. — Épaisseurs qui résistent à la fusion, 262. — Fondus et rompus, 244. — Degré de fusibilité, 259. — Fusion des fils et des tiges de fer, 260, 262. — Fusion des fils des tiges et des tuyaux de cuivre, 261, 264. — Fusion du platine, 265. — Fusion des tuyaux de plomb, 262. — Tiges non fondues. [illegible] fondues, 260. — Foudroyés à bord des navires, 346. — Incandescents, 253. — Incisés, 244. — Incrustés, 252. — Lumineux, 253. — Ondulés, 244. — Oxydés, 258. — Perforés, 245. — Perforation alternative des lames superposées, 246. — Pulvérisés, 244. — Raccourcis, 241. — Ramollis, 259. — Recuits, 259. — Rendus friables, 258. — Rompus sans fusion, 242. — Soudés par la foudre, 251. — Tordus, 241. — Transportés, 249. — Vaporisés, 252. — Volatilisés avec dépôt coloré, 297. — Des armes, II, 377. — Coloration, 258. — Effets acoustiques, 253. — Servant à la conduction à l'intérieur des édifices, 324. — Conductibilité électrique, 273. — Conductibilité pour la foudre, 272. — Non atteints faisant partie des vêtements, II, 376. — Faisant partie des vêtements, II, 369-389. — Dangers d'en porter ou de s'en approcher pendant un orage, II, 603, 604; 610 à 616. — Influence de leur forme sur la conductibilité, 274-275. — Leur influence sur l'action des paratonnerres, II, 594, 598. — Leur influence sur les chances de fulguration, II, 314. — Leur influence sur les ravages dus à la foudre, 235. — Voir aussi Paratonnerres, Lésions des paratonnerres, Cercles des mâts, Armes.
Météores de feu, 116. Voir Globes de feu, Foudre en globe.
Météores ignés. Voir Globes de feu, Foudre en globe.

Meules, t. II, 327.
Mines, 314.
Miroirs, 280.
Moelle allongée, ses lésions, II, 252. — Epinière ramollie, II, 213. — Epinière, ses lésions, II, 252, 253.
Monnaie, II, 379.
Montres, 355, et II, 382.
Mort, ses causes après le foudroiement, II, 207. — Ses signes éloignés, II, 195. — Ses signes immédiats, II, 187. — Par influence, II, 330. — Instantanée, ses causes, II, 199. — Sans lésions, II, 73. — Sans lésions, II, 279. — Dans des positions variées, II, 216, 217, 218, 219.
Mort apparente avec raideur, II, 108. — II, 182. — Son degré, II, 186. — Sa durée, II, 185. — Son traitement, II, 393.
Mortier enlevé, 297.
Moulins à vent, 319.
Mouvement intestin des globes de feu, 209. — Des nuages, 16.
Moyens isolants, II, 618.
Muid de feu, 205, 215.
Murs creusés, 299. — Déplacés, 300. — Fendus, 298. — Impressions colorées, 297. — Percés, 291. — Sillonnés, 297. — Leur voisinage dangereux pendant l'orage, II, 603.
Muscles palpébraux, II, 122.
Mutité, II, 139.
Myopie, II, 125.

N

Navires détruits par l'incendie, 341. — Disparus, 345. — Ebranlés, 345, — Fendus en deux, 345. — Avec feu Saint-Elme, 65. — Foudroyés de 1829 à 1842. — Foudroyés plusieurs fois pendant le même orage, 372. — Foudroyés plusieurs fois à quelques mois ou à quelques années d'intervalle, 373. — Foudroyés avec ou sans paratonnerre, II, 480. — Foudroyés sans paratonnerre, II, 455, 456, 457. — Foudroyés simultanément, II, 481. — Incendiés, 340. — Lésés à l'intérieur, 339. — Lésions des cercles, 335. — Lésions à l'intérieur, 339. — Lésions des mâts, 326. — Lésions sur le pont, 339. — Lésions des vergues, 336. — Lésions des voiles, 336. — Coups de foudre remarquables par le nombre des tués et des blessés, 376. — Explosion des magasins à poudre, 343. — Des lieux où le foudroiement des hommes est le plus fréquent, 377. — Fréquence du foudroiement suivant les latitudes, 369. — Frappés par la foudre en globe, 361. — Fréquence de leur foudroiement suivant les saisons, 369. — Objets métalliques foudroyés, 346. — Odeur laissée par la foudre, 367. — Phénomènes lumineux, 366. — Vapeur laissée par la foudre, 367. — Voies de sortie de la foudre, 358. — En fer, II, 572.
Nécrose du crâne, II, 63.
Neige (feu Saint-Elme sur la), 71.
Néphrite, II, 152.
Nerfs, lésions, II, 254.
Névralgies, II, 94.
Nimbus, définition, 4. — Hauteur, 17.
Noir de fumée pour enduire les conducteurs, II, 586. — Comme enduit préservatif de la foudre, II, 572.
Nombre des nuages, 3.
Nuages orageux, action mutuelle, 17. — Action à distance, 18. — Action sur les fils de télégraphes et sur les rails, 386 et suiv. — Colorés, 20. — Constitution, 28. — Densité, 25. — Dilatation par électrisation, 25. — Direction, 13. — Dimensions horizontales, 18. — Electricité, 25. — Epaisseur de la couche de nuages orageux, 16. — Forme, 1. — Leur formation produisant le tonnerre, 103. — Une des formes de la foudre en globe, 170. — Fréquence des orages, 34. — Hauteur dans les pays de montagnes, 8; — dans les pays de plaines, 9; — dans l'Océan, 11. — Influence, de la fumée, 305. — Lumineux, 20, 22. — Mouvement intestin, 16. — Nombre, 3. — Phosphorescents, 22, 24. — Leur rôle dans la production des roulements du tonnerre, 109, 110. — Solidarité, 17. — Translation, 12.
Nuages parasites, 31.

O

Objets tenus à la main, II, 368.
Odeur des arbres foudroyés, 433. — Dans les navires foudroyés, 367. — Du corps, II, 228. — Des vêtements, II, 228, 230. — Sulfureuse, 165, II, 168, 170, 171. — Sulfureuse de la sueur, II, 148. — Sulfureuse de l'urine, II, 156, 167, 171.
Odorat, II, 134.

Olfaction, ses lésions, II, 257.
Ondulations, 240.
Ophthalmie, II, 123.
Oppressions, II, 141.
Orages, leur formation, 30. — Leur fréquence, 34. — Leur influence sur l'homme et sur les animaux, II, 79. — Tornados, 13. — Rapidement successifs, 15. — Leur vitesse, 14. — Leurs rapports avec la foudre en globe, 163. — Diminuant au-dessus des pointes de paratonnerres, II, 487. — Sont-ils diminués par des paratonnerres multiples, II, 462. — Moyens de se préserver de la frayeur qu'ils inspirent, II, 429.
Organes digestifs, II, 263.
Orgues, 320.
Ornements, II, 374.
Os fracturés, II, 59, 60, 61. — Ramollis, II, 62.
Ouïe, ses altérations, II, 131. — Ses lésions, II, 257.

P

Paille, feu Saint-Elme, 72.
Parafoudre à alcool, II, 559. — De M. Bianchi, II, 556. — De M. Bréguet, II, 555. — De M. Fardely, II, 556. — De M. Meismer, II, 557. — De MM. Mouilleron et Gossin, II, 554. — De M. Steinheil, II, 553. — de M. Ungerer, II, 558. — De M. Walker, II, 558.
Paragrêles, II, 539.
Paralysie, II, 110, 112. — Dangers concomitants, II, 120. — Son degré, II, 117. — Sa durée, II, 118. — Son diagnostic, II, 119. — Son étendue, II, 112. — Guérie, II, 171, 173. — Sa marche, II, 117. — Son siége, II, 112. — Son traitement, II, 422. — De la face et du cou, II, 113. — Des membres, II, 114, 115, 116. — Des membres, guerie, II, 175, 176. — Des muscles de l'œil, II, 125. — Des muscles de la phonation, II, 136. — De la vessie, II, 153.
Parasites (nuages), 31.
Paratonnerres. Historique, II, 431. — Avant Franklin (histoire des), II, 431. — Depuis Franklin, II, 444. — Son conducteur, sa description, II, 531. — Leurs lésions, II, 465. — Multipliés, II, 539. — Non suffisamment multipliés, II, 511. — Leur multiplication préserve-t-elle des orages, II, 462. — Sa pointe, t. II, 575. — Fusion de la pointe, 265. — Sa tige, II, 577. — A tiges multipliées, II, 595 et suiv. — A tiges horizontales ou obliques, II, 580. — Sans tige, II, 527. — Feu Saint-Elme (sur les), 67. — Foudre en globe (sur les), 144. — Solidarité d'action de ses diverses parties, II, 464. — Leur action sur les orages, II, 487. — Leur action sur la foudre, II, 450. — Leur action sur la foudre en globe, 163. — Attirent-ils la foudre? II, 502. — Leurs prétendus dangers, II, 500. — (Phénomènes lumineux sur les), II, 483. — Phénomènes lumineux sur leurs conducteurs foudroyés, II, 488. — Sphère d'activité, II, 458. — Leurs vices de construction, II, 504 et suiv. — Sur arbres, II, 532. — Avec boules de verre, II, 527. — Canne, II, 537. — Pour les clochers, II, 478. — Des colonnes, II, 533. — Pour les constructions métalliques, II, 594. — Dissipateur, II, 526. — Divers, II, 521. Des églises, t. II, 593. — De Snow Harris, II, 566. — Pour les magasins à poudre, II, 478, 533. — Marqué-Victor, II, 536. — Sur mât, II, 531. — Sur mât portatif, II, 538. — Des navires (histoire), II, 560. — Pour navires en fer, II, 572. — Pour les obélisques, II, 533. — En paille, II, 540 — Parapluie, II, 538. — De M. Perrot, II, 595. — A plaques, leurs inconvénients, II, 570. — De Reimarus, II, 528. — Pour la télégraphie, II, 551. Voir Parafoudres. — En tube, II, 565. — Voir encore Conducteur, Pied du conducteur, Pointe, Tige, Parafoudres.
Parole, II, 136.
Paupières, II, 122, 127, 128.
Peaux de castors, comme abris contre la foudre, II, 607.
Pendules, 276.
Perforation, généralités, 232. — Des murs, 291, 299. — Des os, II, 62. — Du poumon, II, 259, 261. — Du tympan, II, 134. — Produites par la foudre en globe, 161.
Perte de connaissance, II, 96. — De mémoire, II, 83, 98. — De la parole, II, 127. — De sang des cadavres, II, 269. Voir Hémorrhagies.
Phénomènes lumineux sur les navires, 367. — Observés chez l'homme et

chez les animaux pendant les orages, II, 79.
Phlyctènes, II, 49.
Phonation, II, 135, 138, 139.
Phosphorescence des brouillards, 21. — De l'eau, 71. — De la neige, 70. — Des nuages, 22. — De la pluie, 71. — Des vagues, 70. — Voir aussi Feu Saint-Elme.
Photophobie, II, 123.
Pied du conducteur, II, 587, 591. — Du paratonnerre, II, 473, 508, 591.
Pierres, 449. — Arrachées, 295. — Brisées, 294. — Creusées, 294. — Dispersées, 295. — Perforées, 294. — Pulvérisées, 294.
Plaies fétides, II, 169. — Gangrenées, II, 64. — Hémorrhagiques, II, 64. — Leur traitement, II, 427.
Platine fondu, 265.
Plâtre enlevé, 297.
Plèvres. Hémorrhagie, II, 262.
Plomb fondu, 346. — Tuyaux fondus, 262. — Des vitres, 310. — Comme conducteur, II, 588.
Pluie, feu Saint-Elme, 71.
Poêles, 306.
Poêles éteints par la foudre, 412.
Poils, altérations diverses, II, 44, 45, 46.
Pointe de paratonnerre fondue, 265. — Son action, suivant qu'elle est affilée ou non, II, 598. — Sa description, II, 575. — Ses lésions, II, 465.
Poitrine. Lésions, II, 246, 247.
Pollux, 62, 82.
Portiques, II, 327.
Poteaux de télégraphes. Lésions, 391, 394, 398, 399, 400.
Poudre. Action de l'étincelle électrique, 233. — Effets de la foudre sur les petites quantités de poudre, 383. — Magasins des navires, 379, 384. — Voir Magasins à poudre, 378.
Pouls, II, 147.
Poumons. Lésions, II, 258.
Poutre enflammée, 205.
Précautions à prendre en quelque lieu que l'on se trouve, II, 602. — Dans la campagne, II, 619. — Dans une maison, II, 605. — Sur une route, II, 619. — Dans une rue, II, 619. — Relativement aux courants d'air, II, 602.
Préservation en wagon, 405. — Personnelle de l'homme, II, 602.
Prison de Charlestown, II, 520.
Probabilité de salut après la fulguration, II, 283.
Profession. Son influence sur la fulguration, II, 321.
Projectiles comme paratonnerres, II, 523.
Projection des éclats des mâts foudroyés, II, 329. — Des objets tenus à la main, II, 368. — De vêtements, II, 368.
Pronostic, II, 282. — Du feu Saint-Elme, 82. — Chez les animaux, II, 299. — Comparé chez l'homme et chez les animaux, II, 302. — Des brûlures, II, 290. — Suivant l'âge, II, 284. — Suivant la direction de la foudre, II, 288. — Suivant la forme de la foudre, II, 288. — D'après des lésions extérieures, II, 289. — Suivant la région foudroyée, II, 284. — Suivant le sexe, II, 284. — Influence de la constitution, II, 310. — Influence de la disposition en fille, II, 318. — Influence de la localité, II, 295. — Influence des objets métalliques, II, 314. — Influence du nombre des personnes, II, 293. — Influence de la stature, II, 309. — Influence de la transpiration, II, 314.
Proportion des morts et des guérisons, II, 282.
Pulsations des artères, II, 144.
Pulvérisation. Généralités, 244. — Des pierres, 294.
Putréfaction des cadavres, II, 231.

R

Raccourcissement des fils métalliques, 241.
Racines d'arbres, 428, 429, 436.
Rails. Effets généraux, 402. — Feu Saint-Elme, 68.
Ramollissement des os, II, 62.
Rassemblements d'hommes ou d'animaux; leurs dangers pendant l'orage, II, 604.
Recuit dû à la foudre, 259.
Rate, II, 277.
Reins, II, 278. — (Douleurs des), II, 153.
Résolution, II, 112.
Rhumatisme guéri, II, 177.
Rhume guéri, II, 177.
Roideur cadavérique, II, 195, 223. — Voir Convulsions.
Renforcements du tonnerre, 111.
Résections, II, 55.
Roches brisées. — clivées, — coupées, 225, 449. — Vitrifiées, 450.

Rouille enlevée par la foudre, 259.
Roulement du tonnerre. Sa durée, 110. — Dû à l'écho, 109. — Dû à l'interférence des ondes sonores, 111. — Dû aux réflexions et aux réfractions du son dans les nuages, 105. — Théorie, 100-101.
Rupture sans fusion, 242. — Avec fusion, 244. — Des ardoises, 294. — Des pierres, 294.

S

Saignée, son emploi contre la mort apparente, II, 409.
Saint-Elme. Voir Feu Saint-Elme.
Saint-Helme, 63.
Salive, II, 151.
Salles de spectacle, II, 327.
Sanct Elias Feuer, 63.
Sang du cadavre des foudroyés, II, 171.
Sécrétion biliaire, II, 152. — Salivaire, II, 151. — Urinaire, II, 152.
Section, 232.
Selles, II, 389.
Sensations diverses, II, 90, 96.
Serpent, 221.
Serpenteaux, 158.
Situation à prendre. Voir Précautions à prendre.
Sol altéré par la foudre, 449. — Non altéré, 443. — Percé perpendiculairement, 447. — Sillonné, 443. — Soulevé, 446. — Traversé superficiellement et dans sa profondeur, 444. — Troué, 448. — Vitrifié, 449. — Altération au pied des paratonnerres, II, 473.
Solidarité des nuages, 17.
Sonnerie des cloches, II, 542.
Sonnettes, 284.
Soufre. Son rôle dans les transports opérés par la foudre, 228.
Souliers, II, 357.
Sources. Effets dus à la foudre, 448.
Souterrains, comme abris contre la foudre, II, 606.
Spasme. Voir Convulsions.
Stations de télégraphe. Accidents divers, 395-396, 401-402.
Statistique des arbres foudroyés suivant les saisons, 419. — Des arbres foudroyés suivant l'espèce, 418. — Des dangers à courir suivant les points des navires qu'on occupe, 377. — Des magasins à poudre qui ont fait explosion ou non, 379. — Des coups de foudre sur les paratonnerres des édifices, des navires, II, 483. — Des coups de foudre sur les différents mâts, 337. — Des coups de foudre sur les navires, suivant les latitudes, 369. — Des coups de foudre remarquables par le nombre des tués sur les navires, 376. — Des coups de foudre suivant les saisons, 369. — Des individus tués par la foudre en différents pays, II, 339. — Des foudroyés suivant les âges, II, 307. — Des foudroyés par profession, II, 321. — Des foudroyés suivant les sexes, II, 305. — Des globes de feu, suivant les saisons, 215. — Des navires foudroyés de 1829 à 1842, 375. — Voir Pronostic.
Stature. Son influence sur le pronostic, II, 309. — Strangurie, guérie, II, 178.
Stratus, définition, 4. — Electricité, 25.
Stupeur, II, 96, 97.
Sueur. Son influence, II, 314. — Sulfureuse, II, 148, 168, 170, 171.
Suffocation, II, 140.
Surdité, II, 174. — II, 130, 132. — Guérie, II, 176.
Syncope des foudroyés. Cause de leur mort, II, 202.

T

Tain des glaces, 282.
Temple de Salomon, II, 433.
Théorie de l'éclair, 42. — Du feu Saint-Elme, 82. — De la formation des images dues à la foudre, II, 22.
Thorax, II, 263. — Voir aussi Poitrine.
Tige de paratonnerre, description, II, 577. — Ses lésions, II, 469. — Tige pointue, ses avantages sur la tige obtuse ou arrondie, 489.
Tissu du cœur, II, 267. — Cellulaire et musculaire, lésions, II, 237.
Tonnerre. Histoire générale, 84. — Dû à l'ébranlement de l'air, 99. — Dû à l'étincelle elle-même, 99. — Dû à la formation des nuages, 103. — Dû à la précipitation de l'air sur le nuage déchargé d'électricité, 105. — Dû à la précipitation violente de l'air dans le nuage raréfié par l'effet de sa décharge électrique, 106. — Causes de sa prompte extinction, 91. — Des plus grandes distances auxquelles on l'ait entendu, 89. — Intervalles entre l'éclair et le bruit, 89. — Vitesse, 91. — Sans éclair, 57. — Sous un ciel serein, faits, 93. — Sous un ciel serein, théorie, 96. — Opinions des an-

ciens, 97. — Théorie de M. Boutan, 105. — Théorie de Monge, 102. — Théorie de M. de Tessan, 104. — Théorie de l'auteur, 112. — Modifications diverses du bruit, 84. — Changements dans l'intensité du bruit, 102. — Roulement, 86, 100, sa durée, 88, ses rapports avec la distance du nuage, 88. — Roulements dus à la rentrée subite de l'air après le passage de l'étincelle dans des milieux dont la raréfaction est inégale, 108. — Renforcements du bruit, 102. — Rapport avec la foudre en globe, 165. — Non entendu par les foudroyés, II, 82. — Voir Foudre.
Tornados, 13.
Torsion, 241.
Tourbillons de feu, 115.
Trachée-artère. Lésions, II, 262.
Traînées lumineuses, groupées en globes de feu, 222.
Traitement des foudroyés, idées des Anciens, II, 392. — Des lésions externes, II, 426. — Résumé, II, 427. — Voir Mort apparente, Congestion, Délire. Résumé du traitement.
Trajet multiple, 325. — Suivi deux fois par la foudre, 323. — Souterrain de la foudre, 444, 446.
Translation des nuages, 12.
Transpiration. Son influence, II, 314.
Transport dû à la foudre, 225. — Par action directe, 227. — Du mercure des baromètres, 322. — Des métaux, 249. — Sur les arbres, 228. — Sur l'homme, 227. — Des foudroyés, I, 231, 232, II, 85. — Des végétaux, 436. — Rôle du soufre, 228, 229.
Trombes avec éclairs, sans tonnerre, 95. — Éclairs silencieux dans une trombe, 56.
Troubles de l'intelligence, II, 96, 176.
Tube digestif, II, 148, 242, 263. — Fulminaires, 453, 454. — Cavité, 456. — Couleur, 457. — Diamètre, 456. — Direction, 455. — Épaisseur, 456. — Fentes, 457. — Leurs subdivisions, 458. — Voir aussi Fulgurites.
Tuiles. Lésions, 294. — Vitrifiées, 453.
Tuméfaction des membres, II, 146.
Tumeur du sein, guérie, II, 178.
Tuyaux servant de conducteur, II, 496.
Tympanite, II, 149, 275.

U

Urines, diversement altérées, II, 152, 153, 155. — Sédimenteuses, II, 155. — A odeur sulfureuse, II, 167, 171.
Urtication contre la mort apparente, II, 404.

V

Vapeur dans les navires foudroyés, 239, 367.
Vaporisation des métaux, 252.
Veau marin, sa peau comme abri contre la foudre, II, 607.
Végétaux (effets bienfaisants de la foudre sur les), 435. — Préservant de la foudre, II, 432. — Voir Arbres, Herbes.
Veines. Lésions, II, 268. — Dilatées, II, 6. — Gonflées, II, 145.
Vergues, 336.
Vésication, II, 49.
Vessie. Lésions, II, 278.
Vêtements. Accessoires, II, 357. — Arrachés, II, 357, 365. — Brûlés, II, 347. — Considérés comme protecteurs, II, 390. — Déchirés, II, 350. — Décousus, II, 350. — Intacts avec lésions de la surface du corps, II, 343. — Leurs lésions, II, 342. — Altérés sans lésions du corps, II, 345. — Lumineux pendant l'orage, 236. — Leur odeur, II, 228. — Comme préservatifs de la foudre, II, 604. — Projetés au loin, II, 368. — Troués, II, 353. — Leurs parties métalliques, II, 369. — Effets du choc en retour, 191.
Vision, II, 120. — Ses lésions, II, 255. — Voir aussi Vue.
Vitesse des éclairs, 40. — Des orages, 14. — Du tonnerre, 91.
Vitres, 308. — Disparues, 310. — Fondues, 309. — (Plomb des), 310. — Trouées, 309.
Vivacité des éclairs, 36.
Voies respiratoires. Lésions, II, 242.
Voix. Voir Phonation, II, 135.
Vomissements, II, 148. — De sang, II, 149.
Vue recouvrée, II, 176. — Voir Vision.
Voiles de navires, 336.
Volatilisation des fils de fer, 297.
Vred-Vyer, 63.

W

Wagon, abri contre la foudre, 405. — Brisés, 404. — Feu Saint-Elme, 68.

INDEX

DES NOMS PROPRES CITÉS DANS CET OUVRAGE

A

Aaron, II, 433.
Abbadie (d'), 2, 9, 25, 31, 34, 37, 52, 55, 56, 89, 117, 152, 168, II, 302.
Abria, 230.
Abylgard, II, 396.
Achard, II, 232, 234.
Ackermann, 65, II, 136, 210, 291, 372, 384.
Acrotus, II, 441.
Adair (J.), 311, II, 9, 43, 221, 227, 343, 385, 581, 614.
Adanson, II, 573.
Adpelt, 349, 357.
Adrets (baron des), 206.
Agricola, II, 65, 210, 291.
Agrippa, II, 441.
Alades, II, 441.
Aldini, II, 147, 311.
Alembert (d'), II, 288.
Alexander, II, 14, 345.
Alexius, II, 336.
Allamand, 69.
Allen Cooper, II, 9.
Ampère, II, 464.
Amyot, 34, 435.
Anaxagore, 97.
Ancient (William), II, 103.
Andral, II, 191.
Anion (abbé de l'), 204.
Anson (amiral), 361, II, 563.
Antius (Valerius), II, 438.
Apollon, II, 432.
Arago, 7, 12, 17, 35, 37, 39, 49, 52, 53, 57, 59, 65, 71, 76, 88, 90, 91, 93, 95, 96, 98, 101, 110, 115, 124, 125, 163, 223, 226, 243, 255, 263, 346, 348, 355, 356, 357, 365, 384, 450, 451, 452, 453, II, 46, 82, 83, 315, 317, 318, 319, 320, 327, 328, 329, 341, 368, 452, 459, 462, 463, 475, 476, 485, 486, 487, 500, 501, 503, 513, 522, 532, 533, 542, 544, 545, 546, 547, 549, 568, 569, 581, 603, 609, 620.
Aristote, 97, 99, 269, II, 150.
Arnauld d'Andilly, II, 434.
Arnobe, II, 438.
Arruns, II, 442.
Aubert, 412.
Auguste, II, 605.
Augustin, II, 444.
Ausfeld, 417, 420, 426.
Aussac (d'), II, 60, 75, 76, 270, 274, 309, 310, 377.
Ayrès, 352.

B

Babinet, 163, 165, II, 448, 493, 599, 600.
Bache, II, 332.
Bachetonus, 122.
Bacsmegiey, 136.
Baden-Gowell, 208.
Badenier, 287.
Baggs, 27.
Balbus, 200, 203.
Balitoro, II, 606.
Ballantier, II, 8.
Ballay, II, 70, 243, 258.
Bally, II, 190.
Baptiste, II, 337.
Barberet, II, 200.
Barbeu-Dubourg, II, 233, 507, 508, 538.
Barbier, 209, II, 233.
Barbier de Tinan, II, 483, 502, 581.
Barham, 215.
Barletti, 119.
Barneveld (Willem van), 319, 320.
Barnweld, II, 232.
Barney, II, 55.
Barral, II, 599.
Barrea, II, 174.
Bartassius, II, 45, 46.
Barthez, II, 192.
Baudoin, 44.
Baumgartner, 387, 394, 399, 400, 401.
Baz, II, 542.
Beard, II, 132.
Beaufort (Madame de), II, 68.
Beaumont (Élie de), 90.
Beccaria, 3, 16, 23, 33, 69, 257, 453, II, 11, 199, 224, 412, 449, 484, 485, 486, 536, 548.
Becquerel, 8, 28, 99, 101, 110, 173, 187, 273, 347, 438, II, 448, 459, 462.
Becquerel (Edm.), 242.
Beechey, 363.
Behre, II, 124.
Behrens, t. II, 6, 106, 182, 403, 410, 375.
Bell, 190, 194.
Bennett, 263.
Bérard, 1, 2, II, 274.
Berger, II, 616.
Bergman, 6, 56, 59, 63, 94, 146, 205, 229, 281, 288, 299, 314, II, 59, 69, 83, 86, 130, 182, 333, 337, 561, 604, 605.
Bermond (E.), II, 85, 183, 375, 385, 407.
Bernard (Cl.), II, 157.
Bernardin (saint), II, 443.
Bernhold, II, 20, 22.
Bernouilli, II, 393.
Berthier, 461.
Bertholon, 85, 121, 169,

176, 270, 271, 309, 324, 325, 419, 436, 437, 446, II, 129, 384, 448, 474, 487, 522, 526.
Bescheert Glück, 314.
Besile, II, 11, 12.
Beudant, 87, 460.
Beuttenmüller, II, 229, 344.
Beyer, 4, 85, 144, 280, 284, 287, 289, 299, 307, 379, 383, II, 70, 89, 102, 384, 468, 474, 497, 508.
Bezi, 11, 410.
Bianchi, II, 556.
Bigois, II, 438.
Biot, 236, 348, 357, 446, II, 97, 368, 375, 383, 462, 620, 622.
Bird (Mary), II, 159.
Birt, 293.
Bischof, 295, II, 388.
Blackwell, 70.
Bladh, 51, 357, II, 92, 116, 366, 573.
Blagden, II, 512
Blampain, II, 623.
Blavau (de), 128.
Blondeau, 252, 294, 318, II, 76, 145, 151, 201, 240, 253, 258, 262, 266, 268, 274, 300, 338.
Blotched, II, 10.
Boddington, 7, 85, 254, II, 64, 229, 237, 238, 342, 369, 373, 379, 382.
Bodinus, 97.
Bœckmann, 308, II, 14, 69, 183, 233.
Boufils, II, 218.
Bonjean, 228.
Bonnin, II, 581, 582.
Bonpland, 432.
Borelli, II, 45, 133, 299, 410.
Borlase, 297, 298, 443, 448, II, 84, 96, 332, 357.
Bottinger, 453.
Bouchut, II, 187, 193.
Boudin, 163, II, 20, 46, 218, 305, 308, 322, 340.
Bouguer, 8.
Bouillaud, II, 190.
Bourbon (duc de), II, 5, 92.
Bourdet, 73.
Boussingault, 31, 228, 423, 426, 433, II, 231.
Boutan, 105, 107.
Bouthière (Georges de la), II, 444.
Bouty, II, 383.
Boyle, 357.
Brachet, II, 191.
Brandes, 454, 461, 462, 463.
Brandis, II, 14, 232, 336.
Brassavola, II, 71.
Bréguet, 393, 395, 397, II, 107, 555, 556.
Breitinger, II, 319, 453, 474.
Brémond, 11, 40, 360.
Brereton, 115, 311, II, 9, 43, 92, 109, 224, 227, 270, 343, 365, 385.
Brigdman (Orlando), II, 41, 60, 71, 329, 338, 346, 365.
Brillouët, 231, 254, II, 41, 84, 89, 100, 105, 108, 114, 167, 182, 300, 361.
Brimond, 348.
Brisbane, II, 141.
Brocklesby, 186.
Brodie, II, 50, 187, 203, 399, 413.
Brongniart, II, 107, 186, 403.
Brooks, II, 52.
Brown, II, 127, 138, 224.
Brown (Daniel), II, 183.
Brown-Séquard, II, 205, 222, 225, 226, 234.
Brück, II, 82, 336, 407.
Bruckmann, 454.
Brugnatelli, 18, 247.
Bryan, II, 520.
Brydone, 189, 190, 192, 194, II, 33, 47, 235, 256, 271, 315, 364.
Bucher, II, 580.
Buchwalder, II, 120, 189, 256, 620.
Buckland, 472.
Budge, II, 193.
Bugge, 379, 383.
Buguot, 293, 295, II, 506.
Buissart, II, 89, 208, 474, 492.
Bullion (marquis de), II, 403.
Bullmann, 141, II, 24, 38, 44, 227, 363.
Burchell, 72.
Bus, 15, II 88.
Bussy (comte de), II, 57.
Butler, II, 219.
Butti, 149.

C

Cagniard de Latour, II, 448.
Caille (La), 53.
Caldini, II, 192.
Camerarius, II, 161, 163, 424.
Caraman (de), 204.
Cardanus, II, 221, 299, 324, 317, 609.
Carla (du), 31.
Carlo Donatelli, II, 524.
Carman, II, 150.
Carmoy, 184.
Carmoy, II, 72, 107, 164, 288.
Carra, II, 522.
Carstens, 4, 307.
Carville (de), 145, 150.
Casati (Mich.), 69.
Casanca, 295.
Caselli, 309.
Cassini, 175.
Castor, 62, 82, II, 444.
Caumont (marq. de), 207.
Cavendish, II, 460.
Ceneda (Girolamo-Lioni da), 120.
César, 69, II, 441.
Chabot, 169.
Chads, II, 570.
Chadwick (Elias), 300.
Chailly, II, 177.
Chalmois, 362.
Chamberlayne (John), 131, 301.
Champiron (de), 10, 408.
Chanvalon, 55, 57.
Chappe, 9, 173, 175, 176, II, 462.
Chapsal (abbé), 139, 235, 251, 255, 256, 258, II, 8, 9, 42, 58, 77, 89, 93, 99, 117, 182, 201, 228, 237, 255, 315, 334, 336, 353, 358, 361, 368.
Charlemagne, II, 443.
Charles, II, 397, 459, 462, 521, 522.
Charleton, II, 253, 257.
Chartier, 94.
Chaulnes (duc de), II, 521.
Chaussier, II, 473.

Chevriers (marquis de), II, 545.
Child (W.), 115, 252, 288.
Chiram, II, 435.
Chladni, 93, 198, 207.
Cicéron, 223, II, 289, 438, 439, 444.
Clapperton, 473.
Clare (P.), 168, II, 71, 75, 129, 207, 315.
Clark (John), 423, 425.
Clarke Ross, II, 562.
Claubry (Gaultier de), *voir* Gaultier.
Claudon, II, 76, 262.
Clos, 13, 14, 420, 432, 433, 435, II, 311, 312, 477, 544.
Cod, 350.
Coester, II, 89, 120, 407.
Coffin, II, 69, 363.
Cohn, 420, 421, 422, 426.
Colla, 22, 24, 201.
Collinson, II, 445, 491, 561, 605.
Collon, 218, 219.
Colomb, 66.
Columelle, 416, 418, II, 432.
Condamine (de la), 8.
Configliachi, 247, II, 509.
Constantin, II, 315.
Conti, 379, 380.
Converden (Van), 466, 467.
Cook, 265, 327, 344, II, 481.
Cook (B.), II, 540, 588.
Cookson, 270.
Cooper-Allen, II, 9.
Cooper (Samuel), 243, 310, II, 337, 349.
Coquart, II, 157, 158.
Coquerel (Ath.), II, 434.
Cordier, 461.
Coriolis, 101, 102.
Cornuel, 125.
Corradi, 176.
Cossali, II, 61.
Cosson, II, 487.
Cotte, 68.
Coulomb, II, 447.
Cowens, II, 386, 611.
Coyrier (abbé), II, 328.
Cozzeus (J.), 318.
Cramp (Sam.), II, 106.
Crasquin, 71.
Crausius, II, 336.
Cremer, II, 6, 95.
Creutzer, II, 444.
Cricq (de St-), 90. *Voir* Saint-Cricq.
Crome, II, 4, 55, 271.
Crosse, 27.
Ctésias Cnidius, II, 437.
Cummenus, 238, II, 81, 182, 424.
Curry, 194, II, 371, 374, 395, 396.
Cusarens, 142.
Cynthius, II, 439.

D

D'Abbadie. *Voyez* Abbadie.
Dagna, 120, II, 75.
Daguin, 55, 77.
Dalibard, II, 229, 233.
Dalton, 56.
Daniell, II, 562.
Daquin, 10, 131, 146, II, 292.
Dareste de la Chavanne, 249.
Daubenton, 412.
Daubrée, 417, 419.
David Rittenhouse, II, 514.
Davies, II, 43, 49, 58, 229, 332, 351, 359.
Davy (Humphry), II, 537, 562.
Decerfz, 135, II, 108, 360, 368.
Decker, II, 92.
Defay, II, 217, 276.
De la Hire, 98.
De Lalande. *Voir* Lalande.
De la Rive, 258.
Delawal (Edw.), 272, 294.
De la Prade. *Voir* Prade.
De la Pylaie, *voir* Pylaie.
De l'Espée, 391.
Deleuil, II, 577.
Delezenne, 135, 303, 304, II, 495, 499.
De l'Isle, 9, 88, 89.
Delpech, II, 179.
Deluc, 22, 54, 55, 109, 198, II, 402.
Denham, 473.
Denys d'Halicarnasse, II, 438, 441.
Désaguliers, 29.
Descartes, 98.
Desgranges-Fodéré, II, 188.
Desjardins, II, 137.
Deslandes, 132, 151, II, 208, 543.
Desmarest, 406, 407, 408.
Desormery, 270, II, 380.
Despretz, II, 448, 597.
Desvaux, 205, 408.
Devaux, II, 60, 70, 248, 276.
Détharding, 59.
Dibden, 418, II, 238.
Dicopulo, II, 21, 23, 24, 361.
Diderot, II, 288.
Diemerbroeck, 411, II, 8, 60, 61, 75, 173, 182, 352, 358.
Diener, II, 81, 102, 141, 158, 177.
Diodore de Sicile, 223, II, 432, 438.
Dithardinq, II, 355, 372.
Divisch, II, 446.
Dolœus, II, 376.
Donatelli (Carlo), II, 524.
Doret, 335.
Dorta, 53.
Douglas, II, 315.
Draper, II, 325.
Du Carla. *Voir* Carla.
Duchenne, II, 191, 398.
Duchoul, II, 142.
Ducos, II, 124.
Duguay-Trouin, II, 546, 547.
Duhamel du Monceau, 6.
Duhamel, II, 102, 108, 420, 448.
Du Moncel. *Voyez* Moncel.
Dunt, II, 178.
Duperrey, 7, 51, 347.
Duprez, 26, II, 483, 592.
Dupuis-Delcourt, II, 541, 542.
Dupuytren, II, 52, 157.
Duret, II, 454.
Du Tour. *Voir* Tour.
Dutrochet, 20.
Duverney, II, 69.
Duverney, II, 199, 217, 240, 259, 266, 267, 271.
Dyer, 426.

E

Eales, 29.
Eason, II, 178.
Ebell, 227, 286, 452, II, 26, 37, 42, 59, 66, 258, 266, 271, 356, 358, 372, 374, 376, 382, 385.
Eben Merian, II, 341.
Echterling, 452, 454, 461, 462, 463.
Egen, 134, 145, 148, 218, II, 474.
Eginhard, 60.
Ehlberg, II, 34.
Elice, II, 466, 467.
Elicius, II, 440.
Eliot, 138, II, 332.
Élis, II, 432.
Escher, 141, 170.
Espée (De l'), 391.
Espert (Mme), 116.
Esterhazy, II, 455, 511.
Estoile (Pierre de l'), II, 56.
Estrées (comte d'), II, 545.

F

Fabreguette (Aug.), 365.
Fabrice de Hilden, II, 74, 75, 163, 332, 377, 410, 415, 424.
Fanshawe, 67.
Faraday, 40, 43, 187, 366, II, 229, 238, 562.
Fardely, II, 556.
Fargeaud, 299, II, 455, 467.
Farr, II, 306.
Faunus, II, 438, 439.
Faye (Christian), II, 128.
Faytot, II, 618.
Fechner, 420, 422, II, 345, 360, 449, 452.
Felbiger, II, 345, 360, 449, 452.
Feldmann, 65, 66.
Feltstrom, 140, 245, 292, 320, II, 30, 44, 90, 93, 99, 143, 182.
Fernol, II, 268.
Ferrara (l'abbé), 36.
Festus, 416.
Field, 137.
Fiedler, 424, 454, 457, 461, 464, 465, II, 377.
Filleau, II, 24, 28, 49, 345, 354.
Fion, 103.
Fischer (de), II, 220, 337.
Fitz-Roy (Robert), II, 571.
Fizeau, 40.
Flaggy, II, 310.
Flavard, 221.
Flavius Josèphe, II, 434.
Fleury, 205.
Fodéré, 417, II, 205, 521.
Foissac, II, 338.
Follin, II, 230, 326.
Follini (abbé), 177.
Fontana, II, 192, 449.
Fontenelle, II, 543.
Forbes (Elias), 449, II, 117, 333.
Forbin (comte de), 61, 66, 67, 82, II, 74, 217, 255, 544, 545.
Forskal, 74.
Forster, 16, 198, 199.
Forster (Thomas), 193.
Fothergill, II, 182.
Fougeroux de Blaveau, II, 42, 279.
Fournet, 13, 127, 128.
Fowler (Th.), II, 126, 315.
Fracastor, II, 337.
François, II, 190.
Frank, II, 412.
Franklin, 5, 44, 247, 275, 279, 295, 308, II, 20, 22, 83, 84, 85, 233, 235, 302, 311, 431, 444, 445, 446, 447, 462, 468, 475, 478, 488, 491, 502, 507, 508, 521, 535, 538, 539, 560, 580, 587, 604, 605, 618.
Fresnel, II, 447.
Frink, II, 451.
Fririon, II, 546.
Frisi, 73.
Freysmuth, 250.
Fromondus, II, 78.
Füller, II, 393.
Fusinieri, 227, 228, 251, 284, 286, 288, 289, 301, 427, 433, II, 499.
Fyner Marison, 69.

G

Gabard, II, 26, 94, 97, 111, 354.
Gabrielli, II, 217, 224, 240, 253, 254, 260, 261, 266, 268, 269, 271, 273, 276.
Gaffard, II, 150.
Gallitzin, II, 131, 403.
Galvani, 188.
Garcœus, II, 128.
Gardane, II, 174.
Gardini, II, 174, 176, 199, 442.
Gardino, 122, 416, 236.
Gardley, II, 176.
Garipuy, II, 37, 60, 271, 274, 377, 406.
Garnier, 110, 223.
Garnière, II, 80.
Garmann, II, 149, 162, 275.
Gastellier, II, 48, 92, 115, 134, 160.
Gaultier de Claubry, II, 45, 134, 164, 166, 167, 171, 177, 425.
Gautran (de), II, 309, 310, 377, 378.
Gavarret, 102, 485, 599, 600.
Gay-Lussac, 26, 37, 447, 459, 462, 467, 468, 517, 524, 527, 536, 588.
Gayet, II, 86.
Gehler, 45, 72, 76, 444.
Gehring, 72.
Gendrin, II, 188.
Gensanne, 207.
Gentil (Le), 9, 124.
Geoffroy, 132.
Gerdy, II, 27, 127.
Gesner, II, 432.
Ghaye (Mich.), 71.
Gherardi (Sylv.), II, 467.
Gilbert (J.), II, 70, 351, 612.
Ginard, II, 601.
Giorgi, II, 579.
Girard, II, 447.
Girault, II, 15, 16, 18, 86, 88, 114, 184, 381, 425.
Girbal, II, 189, 190.
Girolamo Lioni da Cene-da, 120.
Gloesmer, 395.
Gobert, 142, 143, 412, 413.
Godard, 224.
Godfrey, II, 109, 127, 128, 139, 183, 420, 424.
Goeritz, II, 51, 267, 268, 271, 337, 609.

Goffart, II, 219.
Goldschmidt, 398, 402. II, 146.
Gondinet, II, 26, 67, 349, 410.
Gontran (de), II, 37, 75.
Goodève, II, 513.
Gordon, II, 562.
Gossier (abbé), II, 526.
Gossin, II, 554.
Gough (John), 248.
Gounelle, 40.
Gowan (John), 437, 447.
Graneri, 147, 281.
Grebel, 425.
Gren, II, 46.
Greenhough, 472.
Grégory, II, 206.
Griffiths, II, 562.
Griswold, 56, 95.
Girtanner, II, 312.
Grofton, 356.
Gronau, 13.
Guazzi, 142, 422, II, 27, 33, 106.
Guden, 137, 309, 322, 384, II, 350, 359, 387, 448, 521, 532, 538, 540, 575, 578, 580, 592, 606, 620.
Guépratte, 356, 357.
Guérin jeune, 272, II, 333.
Guichardin, 378.
Guillemin, 40.
Guillot, II, 213.
Guiot, II, 579.
Gulliver, II, 274.
Gullmann (Bened.), II, 160.
Gütle, II, 575.
Guyon, II, 9, 47, 75, 111, 180, 221, 224, 259, 266, 280, 411, 414.
Guyot (J.), II, 427.
Guyton de Morveau, II, 500.

H

Haas, 241, II, 472.
Hachette, 460.
Haffenden (Richard), II, 453, 580.
Hagen, 461, 468, 469, II, 26.
Haidinger, 9, 17.
Hales, 6.
Haller, 144, 580.
Halley, 198, 203, 211.
Hamilton, 169, 381.
Hannemann, II, 47.
Hanovius, II, 61.
Hapouèle, 118, 166.
Hare, II, 582.
Hargain, II, 153, 154, 155.
Harpenter, II, 488, 580.
Harris, 7, 10, 12, 14, 36, 67, 126, 269, 274, 275, 336, 338, 339, 340, 366, 368, 372, 375, 379, 382, II, 335, 345, 452, 458, 461, 462, 475, 478, 480, 482, 484, 502, 511, 513, 514, 516, 518, 527, 535, 536, 562, 563, 565, 566, 567, 569, 572, 581, 585, 586, 587, 605.
Hartmann, II, 105.
Hartsoeker, II, 543.
Hauch, II, 528.
Hausmann (David), II, 32, 376.
Haward, 353, 356, 357.
Hawker (amiral), II, 9, 71.
Hawherworth, II, 388.
Hearder, 126.
Heartley, II, 611.
Heim, 440, 442.
Heinrich, II, 232, 270, 380.
Helvig, 40, 44, 101, 102.
Hemmer, 65, 74, 87, 174, 229, 238, 241, 250, 277, 283, 288, 313, 314, 317, 326, II, 38, 49, 68, 153, 158, 220, 238, 270, 314, 315, 345, 357, 358, 366, 370, 466, 468, 469, 474, 475, 478, 494, 610, 618.
Henly, t. II, 377, 516, 574.
Henrotay, II, 127, 422.
Henry, 36, 289, 301, 387, 388, 389, 390, 393, 394, 400, 403, II, 22, 47, 66, 100, 344, 358, 416, 550, 552, 557.
Henshaw, II, 482.
Hentzen, 454, 456, 458.
Herbert, II, 107, 288.
Héricart de Thury, 142, 423, 424, 425, 427, 431, 432, 433, 434, 435, 437, 446, 448, 460, 473, II, 75, 524, 525.
Hérincq, 427.
Hérisson, 94.
Hermann (Heanh David), 453.
Hérodote, II, 523.
Herpin, 444.
Herrenschneider, 13, II, 153.
Herrera, 66.
Hetebel, II, 352.
Hibbert, 225.
Hicks, II, 178.
Hildanus, II, 5.
Hilden (Fabrice de). *Voir* Fabrice de Hilden.
Hill, II, 70, 616.
Hilliard, II, 337, 609.
Himly, II, 223.
Hire (de la), 98.
Hitchcock, 34, 419.
Hoff, 3, 222, 223, 444, II, 30, 348, 362.
Hoffmann (J.-M.), II, 71, 229, 270, 410, 424.
Hoffmannsegg (comte de), 474.
Hogard, 118.
Hollman, 76.
Holroyd, II, 299.
Holst, II, 393.
Hombres-Firmas (d'), 305, 405, II, 19, 21, 23, 45, 46, 181, 224.
Honoré, II, 209, 274.
Hooke (Robert), 101.
Hooper, II, 56, 60, 63, 344.
Hopkinson, II, 514.
Hordt (Von), II, 48, 408.
Hornemann, 417.
Horsburgh, 86, 333, 336, 343, 379, II, 573.
Horsford, 417.
Hossard, 2, 7, 8, 16, 31, 33, 76, 77.
Howard, 6, 7, 16, 25, 51, 89, 126, 133, 138, 141, 181, 218, 249, 282, 294, 299, 363, 434, 443, II, 41, 69, 77, 79, 89, 92, 146, 300, 337, 346, 351, 376, 381, 387, 497, 608, 611, 618.
Hoyt (Eph.), 420.
Hubbard, II, 406.
Hubert, 153, II, 89, 352.
Hugh-Maxwell, 416, 417.
Hugo (Victor), 217.
Humboldt (de), 8, 9, 452, II, 135, 310, 312.
Humphreys (Jane), II, 125.

Hunkel, II, 157.
Hunter, II, 205, 223, 274.
Huxham (Jonh), II, 40, 51, 66, 349.
Hyde-Parker, II, 366.

I

Imboff, II, 587.
Imperati, II, 443.
Ingenhousz, 69, 76, 91, II, 83, 84, 98, 462, 476, 535, 556.
Irton, 471.
Isle (de l'), 9, 88, 89.

J

Jnngnitz, 86, 135, 297, 312, II, 452, 618.
Jack, II, 230, 326.
Jackson, 345.
Jacobi, 395.
Jacqueline, II, 109, 179.
Jalabert, 79, 80, 81.
James, II, 150.
Janniart, 395.
Japet, II, 432.
Jaspar, II, 592.
Jaucourt (de), II, 544.
Jeans, 341.
Jenessey, 203.
Jobard, 68, 403, II, 312.
John Williams, II, 419.
Jones (John), 305.
Josèphe, II, 434.
Jourd'hui, II, 317, 618.
Julius Obsequens, 223, II, 57, 441, 444.
Jullivan, II, 571.
Junon, II, 442.
Jupiter, II, 289, 438, 439, 440, 442, 443, 444.

K

Kaemtz, 8, 9, 11, 19, 26, 36, 40, 43, 47, 51, 110, 111, 112, 141.
Kang-Ili, 91.
Kapp, 139, 409.
Kästner, 115, 250, 462, II, 280, 506, 576.
Keforstein, 13.
Kelloy, 445.
Keferstein, 469.
Kempfer, II, 608.
Keyler, II, 11, 18, 117, 229, 328.
Keyser, II, 376.
Keyster, 384.
Kbonius, II, 19.
Kiessing, II, 62, 360, 363.
King, II, 90, 332.
Kinnersley, II, 468, 477.
Kirshaw, 311, II, 222, 337, 610.
Kirsh, II, 365.
Kisling, II, 163, 406, 410, 423, 424.
Kite (Ch.), II, 205, 393.
Knight, 352.
Kochler, II, 44, 65, 111.
Kœchler, II, 159.
Kohler, II, 580.
Kohlreif, II, 33, 68, 362.
Kohnius, II, 410.
Konig, 474.
Krack, 136, 322, II, 5.
Kramoi, II, 106.
Krapf, II, 91.
Kravenhoff, 180, II, 107, 119, 205, 280, 286, 311.
Krebs, II, 27, 239, 266, 269, 270, 271, 275.
Kries, 85.
Krimer, II, 156.
Krusenstern, 210.
Krussel, II, 129.
Kuttinger, II, 155.

L

Laboissière (de), 442, 443.
Laboureur (Le), II, 77.
La Caille. *Voir* Caille (La).
Lacépède, II, 107, 402, 403.
La Condamine, 8. *Voir* Condamine.
Lad (Edw.), 350, 357.
Ladurantie, II, 49, 356.
Lalande (de), 124, 392, 553.
Lallemand, II, 398.
Lamanon (de), II, 340.
Lambert, II, 46.
Lamé, 38.
Lamétherie, II, 311.
Lami, II, 137.
Lampadins, II, 548.
Lander (James), 190, 191, 193, 194, II, 572.
Landriani (Mars.), 133, 326.
L'Anion (abbé de), 204.
Lapeironse, 222.
Laplace (de), II, 447.
Laporterie, 268.
Lapostolle, II, 541.
Larmoy, II, 370.
Lartigue, 32, II, 153, 154.
Lasserre, II, 153, 155.
Lathrop, 287, II, 89, 92.
Lathrop (John), II, 412.
Latour Landry, II, 332.
Lavallongue (de), II, 75, 309, 310, 377.
Lavrillère, II, 177.
Lawrence (Th.), 294.
Leath, 86.
Lebigue, II, 21.
Leclercq, 128.
Leconte (John), II, 71, 75, 149, 158, 178.
Lecoq, 3, 37.
Ledoux, 2, 95, 127.
Lefebvre (Martin), II, 184.
Lefebvre-Ginean, II, 447.
Leffers, II, 174.
Le Gentil, 9, 124. *Voir* Gentil.
Lehot, 230.
Leitch, 285.
Le Laboureur, II, 77.
Le Maout, II, 548.
Lentilius (Rosinus), 270, II, 43, 66, 228, 355.
Lentin, 254, II, 14, 267.
Lentz, 273.
Lépide, II, 442.
Leps, 25, 354, 357, II, 468, 480.
Le Roy, 144, 200, 203, 211, 212, 214, 215, 288, II, 20, 447, 459, 468, 489, 490, 508, 561, 562, 563, 577.
Lestrohon, II, 397.
Letellier, II, 523.
Letestu, 77.
Lewell (Thom.), II, 389.
Lewis, II, 574.
Leymerie, II, 506.
Leyonmarck, II, 344.
Liais, 18, 36, 226, 332, 379, 383, 426, t. II, 76, 480.

Liceti (Fort.), II, 88.
Lichtenberg, 65, 76, 381, 419, II, 2, 3, 11, 13, 18, 19, 159, 343, 346, 351.
Lind, 54.
Linning, II, 84, 85.
Linsley, 443, 449, II, 100, 111, 117.
Lintilius (Fort.), 327.
L'Isle (de), 9, 88, 89.
Lister, II, 178.
Lister (Martin), 138, 442.
Livingstone (Andrew), 347, 356, 357.
Logan, 43.
Lomonosow, II, 485.
Longet, II, 135, 193, 194.
Longo, II, 23.
Lorgna, 123.
Louis (Ant.), II, 38, 44, 57, 74, 78, 79, 192, 258, 262, 361.
Louville (de), 423, 432.
Low, 225.
Lower, II, 254, 279.
Lozeran du Fech, 54, 125, II, 89.
Luc (de). *Voir* Deluc, 22, 109.
Lucain, 453, II, 288, 441.
Lucius Pison, II, 439.
Lucrèce, 54, 97.
Ludwig, 453, II, 99, 134.
Luther, II, 336.
Lyell, 225.
Lyon (John), 448, II, 76, 217, 256, 267, 274.

M

Macaulay (Alex.), II, 75, 106, II, 137.
Macaulay, II, 137.
Macvivar, 79.
Maffei (Scip.), 120, 121, 173, 378.
Magendie, II, 189, 209.
Magillin Tagès, II, 432.
Malon, II, 462.
Maillard, 209.
Maillot, 396.
Majochi, 181.
Mako, 250, II, 449, 610.
Manni, II, 188, 189.
Marat, II, 107, 143, 152, 187, 205, 251, 271, 281, 399.
Marcel de Serres, 221.
Marchais, 185, 434, 447.
Marchal, II, 551.
Marcia, II, 161.
Marcorelle, 6, II, 345.
Marcus, II, 76, 262.
Marie, II, 85, 183.
Marie-Louise, II, 549.
Marigues (de), 448.
Marin, II, 217.
Marison (Fyner), 69.
Marqué-Victor, II, 536.
Mars, II, 444.
Marsh (Mme), 237, 283, II, 379.
Marsilli, 177.
Marteau de Grandvilliers, II, 10, 81, 85, 106, 161, 182.
Martin, II, 408.
Martin (abbé), 321.
Martin (Benj.), 36, II, 312.
Martin, II, 612.
Martin (Stanislas), 304.
Martins, 431.
Martyn Roberts, II, 565.
Maslieurat - Lagémard, 140, II, 42, 76, 137, 234.
Masson, II, 107.
Mathew, 300.
Matteucci, II, 549.
Mauchart, 294, 306.
May, 351, 357.
Mayer, II, 8, 14, 48, 59, 107, 113, 138, 239, 243, 253, 254, 256, 258, 266, 271, 277, 403, 422.
Mayo, II, 125.
Mayor, II, 428.
Mead, II, 59.
Meckel, II, 401.
Meismer, II, 554, 210.
Méline, 223.
Mellington, II, 279, 254.
Melloni, II, 468, 503.
Melville, II, 510, 534.
Ménassier, 67.
Mène (Ch.), 77.
Menestrel, II, 190.
Mengin, II, 326.
Meriam, II, 482.
Mermet, II, 540.
Meunier, 166, II, 589, 590.
Meurerus, II, 78, 79.
Meyer. *Voir* Mayer.
Michaut, 217.
Michel Ghaye, 71.
Michelot, II, 221, 266, 268, 271.
Miller, 426.
Milles, 87.
Millet-Daubenton, 217, 218, 219.
Millot, II, 442.
Milne (Alex.), 67.
Milward, II, 109.
Minckwitz, 395, 399, 401.
Miner (abbé), II, 615.
Minonzio, II, 53, 66, 101, 102, 112, 114, 144, 151, 222, 230, 240, 253, 280, 291, 349, 354, 363, 417.
Miot, II, 438.
Mitié, II, 62.
Mithridate, II, 307, 323.
Mœren, II, 114.
Mohr, 72.
Moigno (abbé), 152, 172, 278, II, 87, 117.
Moise, II, 433, 436.
Molière (Jos. Privaz de), 125.
Molle, 248.
Molyneux, 280, 281.
Moncel (Du), 44, 46, 47, 48, 385, II, 553, 554, 556.
Monge, 6, 29, 102, 109.
Monget, 65.
Monterchius, 217.
Montferrant (De), 196, II, 118.
Montferrat, 425.
Montgolfier, II, 522.
Montigny, 91, 92.
Moore, 341.
Morand, 177, 178, 179, II, 56, 58, 60, 366.
Moreau, 210.
Moreau de Saint-Méry, II, 504.
Morgan, II, 528.
Morin (Edmond), II, 129.
Morren, II, 100.
Morse, II, 558.
Morton (John), 73, 423, 437, 439, 441, 448, II, 28, 219, 329, 340, 381, 495.
Mosdorf, 315.
Mouilleron, II, 554.
Mountaine, 284, 307, 308, II, 134.

Mourgue, 176, 236, 421, 428, 431, 435.
Moutard-Martin, II, 94.
Moynier, II, 230, II, 353, 374.
Muller, II, 223.
Muller Ottfried, II, 438.
Müncke, 168.
Musschenbroek, 68, 89, 90, 110, 131, 132, 153, 198, 215, 217, 221, 222, 224, 238, 348, 349, 357, II, 182, 199, 310, 312, 327, 381, 446, 488.

N

Nairne, 242, 285, II, 460, 491, 512.
Napier (William), II, 218.
Napoléon, II, 549, 572.
Natta, II, 444.
Naumann, 284, 287.
Neale (Thomas), II, 52, 345, 348, 368, 390.
Nebucadnetsar, II, 434.
Needham, II, 326, 543, 544.
Nélaton, II, 426.
Nelis (de), II, 483.
Nelson, II, 534.
Nelson (Jos.), II, 374, 386.
Neuhof, II, 174.
Nicholson, 21, 73, 124, 148, 248, 439, II, 540.
Nicolas de Nancy, II, 393.
Nilson, II, 542.
Noath, 27.
Nobili, 442.
Noggerath, 295, II, 379, 388.
Nollet, 67, 283, 299, II, 110, 325, 502, 604, 607.
Noventa (Angelo), II, 224.
Numa Pompilius, II, 432, 437, 438, 439, 440, 443.
Nysten, II, 192.

O

Obsequens. *Voir* Julius Obsequens.
Olmsted, 281, 305, 306, 325, II, 509, 513, 590, 591.
Ordinaire (N.-C.-L.), 124.
Orfila, II, 188.
Orioli, 334, II, 19, 21, 22, 44, 46, 345, 348.
Osann, 248.
O'Shanghnessy, II, 453, 513.
Ostermann (comte), 314.
Oswald, II, 41, 361, 374, 376, 385, 614.
Ottfried Muller, II, 438.
Ovide, II, 390, 438, 439, 441, 443, 444.
Oudney, 473.
Ouvrard, II, 7, 60, 254, 261, 262, 266, 271, 276.

P

Padella, II, 417.
Page, 61.
Palassou, 32, 199, 216, 415, 417, II, 74, 76, 108, 218, 453.
Palmstierna (Nic.), 136, 153, 155, 293, 298, 314.
Papilleau, II, 91.
Papillon, II, 481, 489.
Paracelse, 98.
Paradise, 138.
Paré (Ambr.), 379, 380.
Parisatis, II, 437.
Parker, (H.), 285, II, 338, 366.
Parkinson, II, 7, 39, 108, 122, 143, 147, 182, 419.
Pariset, II, 190.
Parisot, 119, 181, 185, 427, 433.
Parrot, 45.
Parry, 34.
Pasumot, 285, 287, 288.
Paterson (Rob.), II, 210, 576, 592.
Pauthot, II, 74.
Pauwell, 366.
Paxton (William), 87, 133, 294, 296.
Pearson, 345, 365.
Pélisson, II, 124, 610.
Pellerin, II, 442.
Peltier, 3, 10, 20, 21, 25, 26, 29, 44, 76, 89, 94, 95, 129, 147, 151, 153, 176, 231.
Perego (Ant.), 305, II, 224, 616.
Pereyra, II, 211, 250.
Perrey, 223.
Perrot, 15, II, 577, 595, 597, 598, 601.
Petens, II, 619.
Petit, 37, 220, II, 47, 355, 374, 385, 418.
Petre (Robert James), 425.
Petric (W.), II, 63, 66, 110, 182, 222, 300, 388.
Peytier, 2, 8, 16, 76, 77.
Pfaff, 460, 469, II, 135.
Phayre, II, 30, 56, 249, 259, 317.
Phébus, II, 439.
Philibert, II, 317.
Philippe, II, 442.
Phipson, 56.
Photius, II, 437.
Piccoli, 121.
Pictet, 79, 80, 187, 246, 294, II, 493.
Picus, II, 438, 439.
Pierre de l'Estoile, II, 56.
Pikel, II, 158.
Pilatre des Roziers, 198.
Pinel (abbé), II, 40, 345, 505.
Pion, II, 88.
Piper, 63.
Pison, II, 439.
Pistoi, 130, 145, II, 475, 489.
Pitcairn, 137, 159, 163, 166, 295, II, 6, 13, 114, 199, 279, 354, 360, 385.
Pleischl, 250, 310, 311, II, 36.
Pline, 58, 223, 270, 416, II, 77, 82, 255, 285, 288, 299, 390, 432, 438, 440, 479, 607.
Plot, 442.
Plutarque, 34, 83, 97, 416, 435, II, 74, 162, 232, 358, 380, 382, 438.
Poey, 55, 436, II, 306, 308, 340, 341.
Poggiale, II, 96, 581, 610.
Poilroux, II, 119, 176, 344, 364, 423.
Poisson, II, 447.
Politi, II, 23, 342, 611.
Pollux, 62, 82, II, 444.

Poncelet (abbé), 11, 130, 448.
Porro, II, 460, 585, 586, 589.
Porsenna, II, 439.
Posernii (Janius-Cassins), II, 230.
Pouillet, 12, 38, 99, 100, 101, 134, 156, 273, 391, II, 59, 327, 447, 448, 459, 462, 466, 471, 472, 564, 582, 583, 584, 588.
Powell, 204, II, 373.
Poyedavant, 216.
Prade (de la), 250, II, 5, 43, 57, 69, 75, 92, 111, 116, 149, 162, 168, 179, 200, 205, 320, 337, 346, 380, 423, 547, 610.
Pratje Probst, 417.
Prescentius, 58.
Prévost (Constant), 292, 297.
Priestley, 146, 260, 309, 442, II, 71, 107, 131, 147, 186, 204, 250, 280, 281, 399, 460.
Pringle, 203.
Privaz de Molière (Jos.), 125.
Probst Pratje, 417.
Procope, 69.
Procopius-Divisch, II, 446.
Prométhée, II, 431, 432.
Prudhomme, 70.
Prunelay (de), 175.
Pujol, 436.
Pyl, 131.
Pylaie (de la), 142, 154, 185, 413, 426.

Q

Quatrefages (de), 307, II, 38, 93, 110, 116, 144, 147, 179, 318, 352, 361, 381.
Querini (Angelo), 310.
Quételet, 20, 28, 47, 199, 322, II, 383, 384.

R

Rabiqueau, 10, 132.
Raffenel, 74.
Ragneau, II, 70, 239, 273.
Raillard (abbé), 8, 29, 44, 95.
Ramazzini, 348.
Ramond, 8, 9, 450.
Rasbach, II, 65.
Raschig, 310, II, 186.
Raulet (abbé), II, 229.
Raumer (de), 115.
Rayer, II, 189.
Raymont, II, 88.
Razout, II, 69, 220.
Recchius, II, 241.
Redfield, 417.
Régnier, 179, II, 71, 216, 364.
Reich, 314.
Reichenbach, 55.
Reid (J.), II, 153, 182, 407, 411.
Reid (William), 116, II, 5.
Reimann, 132, II, 445.
Reimarus, 65, 125, 132, 147, 259, 272, 288, 312, 313, 323, 346, 424, 425, II, 25, 29, 75, 267, 324, 326, 363, 399, 414, 424, 444, 468, 473, 474, 476, 488, 490, 494, 496, 500, 508, 509, 511, 513, 527, 528, 529, 530, 532, 539, 561, 586, 591, 594.
Rémulus, II, 141.
Renauldin, 11, 546.
Renovanz, II, 30.
Reschin, II, 609.
Renchenius, 299, II, 10, 91.
Reuesse de Breibach., 220.
Reutter, II, 236, 238.
Reynier, 299, 322.
Ribaud (abbé), 221.
Rice, 278, 281, 282, 293, 399, II, 33, 40, 55, 85, 108, 325, 345, 353, 360, 375, 376.
Richard (abbé), 4, 59, 61, 85, 121, 133, 135, 173, 177, 199, 204, 222, 238, 252, 286, 361, 406, 412, 424, II, 5, 37, 45, 56, 62, 68, 74, 78, 79, 105, 111, 129, 183, 208, 210, 217, 291, 324, 326, 327, 328, 335, 424, 545, 607.
Richard-Haffenden, II, 453.
Richardot, II, 463, 533, 551.
Richman, 146, 163, II, 233, 239, 260, 262, 271, 278, 347, 362, 485.
Riess, 273.
Rigaud, 284, 288, 295, 384, II, 42, 91, 143.
Rihouet, 368, II, 46.
Ristelhueber, II, 123, 140, 153, 210, 291, 377, 416.
Rittenhouse (David), 305, II, 117, 514.
Ritter, II, 135.
Rivaud, II, 129.
Rive (de la), 258, II, 552, 554, 558, 560.
Rivière, 70.
Rivinus, 453.
Roaldès, II, 93, 110, 115, 145, 179, 317, 381.
Robert-Hooke, 101.
Robin (Ed.), II, 202.
Robinson, 24, 71.
Roch, 406.
Roche, II, 348.
Rochemont, II, 548.
Rochon, II, 447.
Rofredo (abbé), 177.
Rognetta, II, 127.
Rohault, 110.
Romas (de), II, 112, 521, 522, 607.
Rosa, 437.
Rosamel, amiral, 381.
Rosbach, II, 424.
Rosero, 380.
Ross (amiral), 10, 320.
Rossi, II, 394.
Rostaing (abbé), II, 66, 179, 180.
Rota, II, 79.
Roued, II, 509, 513.
Roussel (L.), II, 348.
Rousselle, II, 158.
Roussin (amiral), II, 568.
Rowlet, II, 571.
Rozet, 17, 33, 56, 76.
Rozier (l'abbé), 21, 42, 74, 82.
Rozier, 321, 383, II, 478, 489, 516, 526.
Ruault, 216, II, 618.
Ruhruquis, II, 605.
Ruhmkorff, II, 107.
Rulmus, II, 141.
Rüther, II, 26, 35, 205, 224, 230, 270, 271, 336, 355.

S

Sabine (Major), 24.
Sachs, 416.
Sacré (Edm.), II, 577, 578, 592.
Sage, 246, 282, 302, II, 89, 107, 112, 176, 315, 319, 403.
Saigey, 44, II, 462.
Saint-Criq (De), 90.
Salluste, II, 442.
Salmonée, II, 432.
Salomon, II, 433, 434, 435, 436, 437, 601.
Salverte, II, 432.
Samazeuilh, II, 310.
Samhood, 367.
Sauri, 123.
Saussure (de), 5, 8, 9, 31, 51, 74, 79, 81, 84, 173, 179, 180, 187, 283, 288, 450, 453, II, 86, 491, 509, 579.
Sauvan, 65, II, 57.
Savart, 460.
Scaliger, II, 74, 105, 150.
Scarman, II, 63.
Schachmann, 433, II, 452, 532.
Schadelook, 261, II, 495.
Schaffer, II, 31, 39, 239, 241, 266, 271, 277, 317, 361.
Schafhaueutl, 2, 105, 106.
Schenck, II, 175, 337, 484.
Scheuchzer, 58, 125, 170, 237, 307, 379, 382, 424, 426, II, 31, 43, 74, 96.
Schirner (Fr.), II, 407.
Schmacht (Suzanne), II, 173.
Schneider, II, 205, 236, 238.
Schon, 13.
Schottus, II, 26, 78, 100, 105, 163, 209, 210.
Schubler, 13, 14, 52, 114, 119.
Schultes, II, 50, 59, 224, 238, 245, 246, 250, 253, 255, 262, 266, 271, 358, 360, 367, 370, 451.
Schwagrichen, 474.
Schwarmen, 140.
Schweigger, 13, 42, 438, II, 174.
Scopelianus, II, 337, 609.
Scoresby (W.), 34, 110, 255, 262, 347, 350, 354, 357, II, 176.
Scoresby (W.), II, 315.
Seaton (Sam.), II, 407.
Seconditi Roh., 236.
Seconditi, II, 168, 169, 170, 315.
Séguier, 127, 176.
Seguin, 421.
Seitz, 133, 134.
Sellier, II, 574.
Selys-Longchamps, 71.
Senebier, 93.
Sénèque, 35, 42, 51, 57, 98, 173, 270, 416, II, 163, 231, 232, 289, 339, 377.
Sennert, 416.
Serno, 292, 316, II, 37, 41, 90, 92, 466, 467, 476.
Serres, 405.
Serres (Marcel de), 221.
Servius, II, 431, 438.
Sestier, II, 363.
Seymour, II, 5.
Sforzino, II, 416.
Siegesbeck, II, 336, 365.
Sigaud de la Fond, 44, 238, II, 311, 446, 475, 478, 488.
Silberschlag, 147, II, 494, 495.
Silliman, 318, 474.
Simiani, II, 62.
Simon (Max), II, 188.
Singer, II, 562, 578, 618.
Small (Alex.), II, 580.
Smeaton, 90, 259, 292, 295.
Smith, II, 565.
Solokow, 146, II, 347.
Spallanzani, 119, 427, II, 186, 353.
Spence, II, 386.
Sponholz, 74.
Sprengel, II, 35, 48, 66, 143, 153, 415, 419.
Staveley (John), 147.
Steelman, II, 63.
Steiglehner, II, 107, 268, 387.
Steiner, 41.
Steinheil, II, 553, 554.
Steinheim, 166.
Stella (Fr. Mar.), 287.
Stella (Marc), II, 99.
Stengel (de), 305.
Stephen, II, 267.
Sterk, 417.
Stof, 198.
Stoffels, II, 476, 483.
Stoll, II, 399, 410, 414.
Stoltenberg, II, 47.
Strubel, II, 79.
Strufertarii, 416.
Struve, II, 424.
Stuart, 357, 364.
Sturgeon, 14, 233, 385, II, 335.
Suétone, 59, 93, 416, II, 605.
Summanus, II, 444.
Surgeon, II, 535, 608.
Sutton (David), 138.

T

Taggart, II, 502.
Tallibart, II, 88.
Tarchon, II, 432.
Tardieu, II, 79.
Tawse (John), II, 565.
Tècle, II, 36, 43, 149.
Tessan (de), 2, 29, 86, 104, 170.
Tessier (abbé), 317, II, 269, 273, 274, 275, 280, 319.
Théophraste, 418.
Thiden, II, 422.
Thielaw (de), 72.
Thomassin, II, 192.
Thomson, 285, 452, II, 205.
Thor, II, 542.
Thoresby, 298, II, 42, 54, 68, 357, 367, 368.
Tibère, 416, II, 605.
Tiburtins, 136.
Tilésius, 438, II, 36, 43, 66, 92, 344.
Tillet, 406, 407, 408.
Tilloch, II, 51, 75, 280, 351, 352.
Tilney, 84, 283.
Tilus, II, 93.
Tincham, II, 562.
Tite-Live, 69, II, 78, 440.
Titus, II, 434.
Toaldo, 59, 65, 131, 146, 176, 250, 310, 379, 416, 420, 437, II, 45, 57, 64,

77, 78, 79, 221, 236, 302, 389, 449, 475, 476, 531.
Tooth, II, 46.
Tobias, II, 48, 233, 239, 253, 254, 256, 259, 264, 266, 269, 271, 280.
Torring-Seefeld, II, 474.
Tortensen, 34.
Toscan, 87, 317.
Tour (du), II, 324, 373.
Tour-d'Aigues (de la), 412.
Tourette (de la), 31.
Tournié, II, 190.
Tournier, II, 136.
Trechsel, 145, II, 484, 529.
Trencalye, 134, II, 88, 117, 291, 327, 348, 372.
Treubler, II, 344, 375.
Tricou, II, 212.
Tristan (comte de), 17.
Troostwyk, 180, II, 12, 107, 119, 138, 139, 146, 174, 180, 205, 280, 286, 311, 313.
Trousseau, II, 334.
Tull, 437.
Tullus Hostilius, II, 432, 440, 441.
Turnbull, 190.
Tzschirner, II, 95, 147.

U

Usleber, II, 66, 159.
Ulloa, 51.
Unger, II, 236.
Ungerer, II, 558.
Unterberger, II, 583.
Ur, II, 435.
Ustick, 292, 296, 298, 306.

V

Vaget, 406.
Valerius Antius, II, 438.
Valleix, II, 189, 190.
Valleriola, II, 175.
Valmont-Bomare, II, 5, 92, 101, 324.
Van Converden. *Voir* Converden.
Van de Launay, II, 537.
Van Marum, 23, 59, 99, 109, 252, 253, 260, 270, 438, II, 205.
Van Mons, II, 202, 205, 292, 396, 423, 426, 429, 619.
Varney, II, 590.
Vassalli, 147, 176, 281, II, 150, 311, 334, 548, 590.
Védelius, II, 44.
Veicht (Robert), 342, 362, II, 573.
Verdeil, 24, 129, II, 326, 580.
Veromercatus, 416.
Veratti, II, 72, 250.
Vérusmor, 219.
Videlius, II, 201.
Vignola, 6, 426.
Villars (chevalier de), II, 74, 324.
Villery de Bois-Vallé, II, 448.
Violette, 234.
Virgile, II, 289, 431, 438, 441.
Vismara, II, 23.
Voigt, 295, 306, 454, II, 145, 220.
Volger, 307, II, 67, 344, 345, 496, 616, 617.
Volkmar, II, 163, 199, 221, 229, 400, 410, 414, 423.
Volney, 94, 95, 96, 97, II, 341.
Volpelière, II, 151, 291.
Volpieri, II, 66.
Volta, 123, II, 462, 463, 548, 439.
Von Hordt, II, 48, 408.
Von Osterwald, II, 446.

W

Waddell, 66.
Wagner, II, 135.
Wainhouse, 137, 166, 295.
Walker, 272, 438, 442, II, 532, 558.
Wallis, 126, 424, II, 28, 42, 56, 57, 82, 146, 159, 216, 219, 228, 239, 254, 258, 267, 279, 329, 333, 355, 363, 381.
Ward, 12, 328, 332.
Wardrop, II, 127.
Ware, 75
Wartmann, 209.
Wasse, 126, 151, 243, 447, II, 59, 76, 270, 364, 366
Watson, 239, II, 446, 462, 561, 563.
Weber, II, 192, 193.
Weisenborn, 37.
Welleslay, II, 457.
Wendt, II, 232, 368.
Werloschinigg, II, 326.
West, II, 446, 261, 262, 474.
Wheateroft, 439, 441, 442.
Wheatstone, 38, 40, 187, II, 562.
Wicke, 470.
Wiegmann, II, 464.
Wieser (comte de), 313, 326.
Wilke, 74, 79, 137, 238, II, 92, 332, 455, 488.
Wilkins, II, 83.
Wilkinson, II, 174.
Williams (Anth.), 298.
Williams (J.), 140.
Williams (John), 296, II, 90, 96, 332, 419.
Willis, II, 401.
Willox, II, 590.
Wilson, 14, 440, 442, II, 473, 502.
Winkler, 13, II, 147, 446.
Winn, II, 485, 570.
Winter, II, 174.
Wintrop, II, 454, 622.
Wissendorf, 4.
Withering, 421, 460, 470, 471, II, 348.
Wolf, II, 8, 400.
Wollaston, II, 562.
Wooulfe, 218.
Wren (Christophe), II, 492.
Wynne, II, 178.

Y

Yelin, 10, 134, II, 474, 484, 506, 507, 511, 589.
Young, II, 409, 411.

Z

Zach, 2.
Zacchias, II, 46, 103, 108, 111.
Zorobabel, II, 434.

DE

LA FOUDRE

PREMIÈRE PARTIE

DES FORMES DE LA FOUDRE

CHAPITRE Ier

NUAGES ORAGEUX

Sommaire. — Forme. — Nombre. — Hauteur dans les pays de montagnes, dans les pays de plaines, hauteur au-dessus de l'Océan. — Mensuration de la hauteur des nuages. — Translation. — Mouvement intestin. — Épaisseur de la couche des nuages orageux. — Solidarité. — Action mutuelle. Action des nuages à distance. — Dimensions horizontales. — Nuages colorés. — Nuages lumineux. — Densité. — Electricité. — Constitution des nuages. — Formation des orages — Leur fréquence.

Forme. — En général, les nuages orageux ont des contours bien tranchés, vigoureusement dessinés. M. A. Bérard, en décrivant les apparences d'orages très-violents qui éclatèrent en juillet 1839 dans le voisinage de la côte du golfe du Mexique, et qu'il pouvait observer du large, en dehors de leur action, s'exprime ainsi :

« Ils commençaient par l'apparition d'une grosse masse » de nuages qui augmentait graduellement, et dont les » formes et les contours étaient bien arrêtés. Presque tou- » jours avant qu'on aperçût les éclairs et qu'on entendît le » tonnerre, il s'élevait du milieu de cette masse une colonne » immense, irrégulière. qui montait avec une étonnante

» rapidité. En considérant tout le nuage à l'aide d'une » longue-vue, il paraissait régner dans son intérieur un » grand mouvement; on l'aurait dit formé d'une fumée » très-dense roulant en flocons sur elle-même. Les con- » tours en étaient tellement bien arrêtés qu'on pouvait » croire qu'il était, comme les ballons, circonscrit par une » enveloppe légère et tendue par un fluide élastique inté- » rieur qui faisait effort pour s'échapper. Plus tard, on » voyait ces bords tranchés s'effacer peu à peu, et la masse » entière du nuage prenait un aspect vaporeux. Alors l'o- » rage était terminé; on ne remarquait plus que quelques » éclairs qui n'étaient pas suivis de tonnerre (1). »

M. Schafhaueult rapporte que se trouvant sur *le Brenner*, muni de plusieurs instruments de physique, un hygroscope et un électroscope, il fut assailli par un violent orage. Il était placé à quelques mètres seulement d'un nuage orageux, et cependant l'air était assez sec pour que l'hygroscope ne fût pas influencé; l'électroscope ne l'était pas davantage. Bientôt les deux appareils furent affectés simultanément; l'observateur était arrivé au milieu du nuage (2).

Le nuage électrisé a donc une surface bien déterminée qui le sépare de la masse gazeuse environnante, et l'on a vu des nuages flottant l'un sur l'autre, se pousser mutuellement sans se mêler en aucune façon.

Souvent les masses de nuages orageux ont leur face inférieure remarquablement unie et leur face supérieure déchiquetée ou composée de très-hautes protubérances et de profondes cavités. Bien des observateurs ont fait cette remarque, et en particulier MM. Peytier et Hossard, dans leurs stations sur les sommets des Pyrénées, et M. d'Abbadie, dans ses voyages en Ethiopie.

M. Ledoux, capitaine du génie à Philippeville, en Algérie, en gravissant la haute montagne de l'Edough, traversa toute l'épaisseur d'un orage qu'il laissa bientôt sous ses pieds. Or, le massif orageux, vu par-dessus, obliquement éclairé par

(1) *Extrait des journaux nautiques* de M. A. Bérard, par M. de Tessan. Comptes rendus, t. XII, p. 144 (1841).

(2) *Annales de chimie et de phys.*, 3e série, t. II, p. 44.

les rayons du soleil, ressemblait à de gros paquets de coton roulant dans l'espace.

Dans quelques cas la face inférieure du nuage orageux offre quelques *larges saillies* au point de s'approcher du sol et de produire sur lui quelques effets de trombe. M. Lecoq a particulièrement noté cette circonstance dans les orages qu'il a observés sur le Puy-de-Dôme. Parfois, dit-il, le dessous du nuage noir s'allonge, offrant une énorme protubérance; puis des torrents d'eau s'en échappent inondant des espaces très-circonscrits. Dès qu'une grande quantité d'eau est sortie du nuage, celui-ci devenu plus léger est emporté et disparaît à l'horizon.

On a noté aussi, au-dessous du nuage orageux, des *lambeaux pendants* plus ou moins aigus, descendant presque jusqu'à terre et que la masse générale traîne à sa suite partout où le vent la transporte. Ces lambeaux servent quelquefois de conducteurs à la foudre, et nous verrons que menaçant parfois les façades des maisons, on leur a plus spécialement opposé les paratonnerres obliques.

Ces franges ou lambeaux se détachent quelquefois de la nuée mère, s'abaissent sur la terre et la foudroient au moment même où ils reçoivent à leur tour une étincelle de la masse principale; c'est là une *décharge par cascade*.

Quant aux nuées dites *fumeuses*, remarquables par l'apparente uniformité de leur composition, par la régularité de leur surface, elles ne lanceraient jamais la foudre, suivant Beccaria.

Nombre. — Presque toujours les nuages orageux sont en grand nombre et forment deux rangs superposés; les uns résineux, inférieurs; les autres vitreux et supérieurs (Peltier). C'est presque toujours entre ces deux couches de nuages qu'ont lieu les échanges électriques; les échanges entre les nuages résineux inférieurs et la terre sont beaucoup plus rares qu'on ne le pense communément.

Parfois cependant, le ciel étant serein ou peu chargé, on ne voit que deux nuages dont la rencontre est accompagnée d'éclairs et de tonnerre. Voici quelques exemples :

Le docteur Hof rapporte que l'un des premiers jours du mois d'août 1729, près de Brunsholm, vers midi, le temps était calme; le soleil brillait, le ciel était serein, à l'exception de deux nuages (1) petits, denses vers leur milieu, blancs, avec une teinte cendrée en arrière; l'un était immobile, l'autre se mouvait lentement, et tous deux paraissaient à la même hauteur. Lorsqu'ils furent presque en contact, un éclair brilla bientôt, suivi du bruit du tonnerre; l'intervalle entre l'éclair et le tonnerre fait croire que ce nuage était à une hauteur de 2284 pieds anglais, d'après Newton.

Un jour, Beyer était occupé d'observations météorologiques sur la terrasse de sa maison; il vit deux nuages d'une immense étendue et qui planaient au-dessus de sa tête, se choquer avec une violence inconcevable, et l'un d'eux s'entr'ouvrit et la foudre s'échappa de son sein suivi d'un torrent de pluie mêlée de grêle. — (La foudre tomba rue Caumartin.)

Le 28 mai 1767, la foudre tomba sur l'église paroissiale de Villa-di-Stellone, village situé près de Carignan, en Piémont, tua sept personnes et en blessa plusieurs autres. Ce coup fut le seul. Le temps était couvert de nuages unis et peu obscurs, mais deux nuées très-chargées, venant l'une du nord et l'autre du sud-ouest (2), se rencontrèrent et firent explosion.

Parfois aussi, au milieu de nuages peu ou point orageux, on n'en voit qu'un seul, dense, noirâtre et d'où la foudre s'échappe; ainsi :

Le 31 mai 1748, après midi, le clocher de Wissendorf fut atteint par la foudre qui partit d'un petit nuage noir bien distinct des autres nuages voisins (3).

(1) Nous rappelons ici qu'on a classé les nuages d'après les apparences qu'ils présentent. *Les cirrus* sont de petits nuages blancs, très-élevés, ayant l'aspect de flocons de laine très-déliés. *Les cumulus* sont des nuages arrondis, simulant des montagnes entassées les unes sur les autres; ils se forment généralement le matin, disparaissent le soir ou s'amoncellent et se résolvent en pluie. *Les stratus* sont des nuages moins élevés que les précédents, très-allongés, et se présentant sous la forme de longues bandes horizontales. *Les nimbus* sont des nuages de pluie, généralement épais; ils sont d'un gris plus ou moins foncé, leurs bords sont frangés inégalement. (Voir sur ce sujet : *Philosophical magazine*, t. XVI (1803), p. 97 et 344.)

(2) Richard, *Hist. de l'air*, t. VIII, p. 342.

(3) Carstens, *Hamburger magazin*, t. IX, p. 300 (1752).

Mais un seul nuage, complétement isolé, peut-il lancer la foudre ?

Suivant Franklin, un gros nuage unique ne saurait être orageux. Quand un observateur se trouve à peu près placé sur le prolongement horizontal d'un gros nuage d'où jaillissent les éclairs, il aperçoit sous le nuage une série d'autres nuages forts petits et situés les uns au-dessous des autres. Quelquefois les plus bas de ces petits nuages sont peu éloignés de la terre.

De Saussure n'a jamais vu des éclairs jaillir d'un petit nuage isolé : « Quant aux orages, » dit-il, dans la relation de son *Voyage au Col du Géant ;* « je n'en ai jamais vu naître dans ces » montagnes que dans le moment de la rencontre ou du con- » flit de deux ou plusieurs nuages. Au Col du Géant, tant que » nous ne voyions, dans l'air ou sur la cime du Mont-Blanc, » qu'un seul nuage, quelque dense et quelque obscur qu'il » parût, il n'en sortait point de tonnerre ; mais s'il s'en for- » mait deux couches l'une au-dessus de l'autre, ou s'il en mon- » tait des plaines ou des vallées, qui vinssent atteindre ceux » qui occupaient les cimes, leur rencontre était signalée par » des coups de vent, du tonnerre, de la grêle et de la pluie. »

Aujourd'hui il est parfaitement démontré que la foudre s'échappe quelquefois d'un nuage isolé ; d'ailleurs, en théorie, on ne voit pas pourquoi ce phénomène serait impossible ; puisque un échange électrique peut avoir lieu entre cette nuée isolée et la terre chargée d'électricité différente.

Ainsi, par un soleil éclatant, le ciel étant serein et parfaitement pur, ou quelques nuages étant fixés à l'extrême horizon, on voit un nuage de forme arrondie ou même exactement ronde, noir, très-rarement blanc, de petites dimensions, paraissant n'occuper en surface qu'une étendue égale à la surface apparente du soleil, ou n'avoir que 15 à 18 pouces de diamètre... Et cependant ce nuage, au premier abord si peu redoutable, projette un grand nombre d'éclairs en zigzag accompagnés d'un bruit de mousqueterie, ou lance plus souvent encore la foudre elle-même dont les coups sont ordinairement alors fort désastreux.

Les faits de ce genre sont trop intéressants à connaître

pour que nous ne jugions pas indispensable de les consigner ici. Ils sont au nombre de dix.

L'académicien Marcorelle, de Toulouse, rapporte que le 12 septembre 1747, le ciel étant serein et parfaitement pur, sauf un petit nuage qui paraissait à la vue exactement rond et de 15 à 16 pouces de diamètre, la foudre tout à coup gronda, éclata, et tua la femme Bordenavo après l'avoir brûlée au sein, sans endommager ses vêtements.

Un peu avant le tremblement de terre qui eut lieu à Londres, le 8 mars 1750, on vit dans l'atmosphère un nuage noir, d'où partit un éclair (1) (Hales).

Bergman a vu la foudre tomber sur un clocher d'un très-petit nuage, le ciel étant d'ailleurs parfaitement serein. Les personnes qui n'avaient pas remarqué ce nuage s'étonnaient de la singularité de ce coup de foudre (2).

Deux bénéficiaires de la cathédrale de Lombey, étant sur l'aire de leur chapitre à faire vanner, virent un petit nuage d'environ un pied et demi de diamètre apparent qui s'approchait d'eux peu à peu. Lorsqu'il fut à leur zénith, la foudre s'en échappa et frappa presque à leur côté un arbre qu'elle fendit de haut en bas. Or, ils n'entendirent aucun bruit; le temps était calme, clair et ce nuage était le seul au ciel (3).

Duhamel du Monceau rapporte que le 30 juillet 1764, à cinq heures et demie du matin, par un beau soleil, en passant près du château de Denainvilliers, près de Pithiviers, il vit partir d'un petit rocher isolé un éclair et un coup de tonnerre ; un orme en fut foudroyé très-près du château (4).

Un des jours de juillet 1828, un nuage sombre et isolé (*a solitary dark cloud*) passa sur l'extrémité nord de Winchester vers la vallée d'*Itchem-Abbas ;* le soleil brillait dans une partie opposée de l'horizon ; tout à coup, et au milieu d'une averse de grêle d'une grosseur extraordinaire, une

(1) *Soc. roy. de Londres*, 1750, *Hamb. magazin*, t. V, p. 611.
(2) *Discours sur les circonstances qui accompagnent le tonnerre*, cité par Monge.
(3) Vignola, *Voigt's mag.*, 1788, t. V, 1re partie, p. 114.
(4) *Mémoire de l'Académie des sciences*, (1765).

effrayante décharge électrique tua deux chevaux et blessa le charretier (1).

Le 13 avril 1832, M. et Mme Boddington, après une courte station à Tenbury, firent monter leur domestique dans l'intérieur de leur chaise de poste et se placèrent eux-mêmes sur le siége de derrière, pour jouir de la vue de la campagne. Il était trois heures et demie environ, lorsqu'ils partirent ; le soleil brillait et le ciel était serein ; mais à peine furent-ils en route qu'ils virent venir à eux un nuage noir et d'un aspect singulier et terrible. Ils se demandèrent s'ils ne devaient pas rentrer dans leur voiture, mais ils se rassurèrent en voyant que ce nuage, malgré son apparence sinistre, était isolé et de petite dimension. Mais bientôt ils furent tous deux atteints par la foudre qui les blessa grièvement.

En 1834, M. le capitaine Hossard, descendant la route qui passe au col de la Faucille, dans le Jura, vit se former un petit chapeau de nuages autour d'un sommet voisin, nommé le Colombier de Gex, dont la hauteur au-dessus de la mer est de 1,600 mètres. Le nuage y était à peine depuis quelques instants, quand il en partit un fort coup de tonnerre (2).

Le capitaine Edwards était sur le bâtiment de S. M. B. *the Thopaze*, en juillet 1802, à 2 ou 3 lieues ouest de Saint-Domingue, lorsqu'il fut pris par un calme plat. Vers minuit, une légère brise de terre amena vers le navire un nuage noir et isolé qui lança cinq ou six éclairs fourchus, et foudroya le mât d'artimon en causant quelques autres dégâts (3).

M. Duperrey est l'auteur de la relation suivante : « Étant dans le détroit d'Ombay, en novembre 1818, nous vîmes, un soir, un petit nuage blanc qui lançait sa foudre de tous les côtés. Il montait avec lenteur malgré la force du vent, et se trouvait à une grande distance de tous les autres nuages qui paraissaient comme fixés à l'horizon. Ce nuage était d'une forme arrondie et pouvait occuper en surface une étendue égale à la surface apparente du soleil. De tous les points de ce nuage s'échappaient des éclairs en zigzag, et une

(1) Howard, tab. CCLXVI, p. 285.
(2) Arago, p. 235.
(3) Harris, *On the nature of the Thund*, p. 235.

multitude de détonations successives imitaient parfaitement le bruit de la mousqueterie de tout un bataillon auquel on aurait commandé de faire feu à volonté. Ce phénomène ne dura pas moins d'une demi-minute et disparut complétement avec les dernières détonations (1). »

Hauteur. — La hauteur des nuages orageux doit être recherchée relativement au niveau de la mer et relativement au sol au-dessus duquel ils se trouvent; car un nuage situé à une très-grande hauteur au-dessus du niveau de la mer, rase souvent, enveloppe même le sol élevé d'une montagne. Il importe aussi de distinguer le nuage, centre même de l'orage, des nuages peu élevés qui se forment au-dessous de lui.

Étudions la hauteur des nuages orageux dans les *pays de montagnes*, dans les *pays de plaines* et sur l'Océan.

Hauteur des nuages orageux dans les pays de montagnes. — Nous réunissons dans le tableau suivant les observations dans lesquelles on a déterminé la hauteur des nuages orageux. Tantôt les voyageurs ont été surpris par l'orage sur les sommités indiquées, tantôt ils ont vu des nuées orageuses atteindre ou dépasser les sommités par leur face inférieure, tantôt ils ont trouvé des vitrifications sur certaines cimes.

HAUTEURS.	LOCALITÉS.	OBSERVATEURS.
4,868 mètres.	Pichincha (Cordillères).	Bouguer et La Condamine.
4,810 —	Sommet du Mont-Blanc.	De Saussure.
4,620 —	Toluca (Mexique).	De Humboldt.
4,362 —	Finsteraarhorn.	Kaemtz.
3,471 —	Col du Géant.	De Saussure.
3,410 —	Mont-Perdu.	Ramond.
3,300 —	Jungfrau.	Kaemtz.
3,300 —	Tuc de Maupas.	Peytier et Hossard.
3,200 —	Pic de Baletous.	Id.
3,000 —	Pic de Troumouse.	Id.
2,935 —	Pic du Midi.	Ramond.

M. l'abbé Raillard (*Cosmos*) a estimé, dans un orage extraordinaire, que la nuée orageuse devait avoir au moins 12 kilomètres de hauteur. De Pamers, où il était, il la voyait au

(1) Becquerel, *Traité de l'électricité*, t. VI, p. 401.

delà du pic Saint-Barthélemy qui est déjà élevé lui-même de deux kilomètres et demi.

On sait que certaines roches sont fendues et vitrifiées à leur surface lorsqu'elles sont frappées par la foudre. Ces vitrifications partielles ont été signalées par de Saussure dans les Alpes sur le dôme du Gontis, c'est-à-dire un peu au-dessous du sommet du Mont-Blanc qui a 4,810 mètres d'altitude; — par M. de Humboldt sur le sommet le plus élevé de la montagne de Toluca, à l'ouest de Mexico, c'est-à-dire à la hauteur de 4,620 mètres; — par M. Ramond au Mont-Perdu (Pyrénées) à 3,410 mètres, et au Pic du Midi à 2,935 mètres. Ces vitrifications indiquent que des nuages orageux se sont élevés à ces hauteurs, car il est difficile d'admettre qu'elles aient été produites par des décharges de nuages placés au-dessous des sommets indiqués et montant de bas en haut. (Voir *Altération de la substance du sol. Vitrification.*)

Hauteur des nuages orageux dans les pays de plaines. — Dans les pays de plaines peu élevés au-dessus de la mer, on a observé des nuées orageuses aux hauteurs suivantes.

HAUTEURS.	PAYS D'OBSERVATION	DATES.	OBSERVATEURS
8,080 mètres.	Paris.	6 juin 1712.	De l'Isle.
3,470 —	Tobolsk.	13 juillet 1761.	Chappe.
3,340 —	Id.	2 — 1761.	Id.
3,300 —	Pondichéry.	2 — 1761.	Le Gentil.
3,100 —	Halle.	5 juin 1834.	Kaemtz.
2,036 —	Abyssinie.	15 février 1844.	D'Abbadie (1).
1,900 —	Berlin.	25 mai 1773.	Lambert.
1,896 —	Abyssinie.	12 février 1844.	D'Abbadie.
1,600 —	Berlin.	17 juin 1773.	Lambert.
1,300 —	Halle.	21 juillet 1834.	Kaemtz.
900 au plus.	Ile-de-France.	»	Le Gentil.
	Pondichéry.	»	Id.
	Manille.	»	Id.
800 à 600 mèt.	3 cas Tobolsk.	»	Chappe.
600 à 400 —	6 cas id.	»	Id.
292 mètres.	Id.	»	Id.
214 —	Id.	»	Id.
212 —	Abyssinie.	20 octobre 1845.	D'Abbadie.
70 —	Gratz.	15 juin 1826.	Haidinger (2).
28 —	Admont.	26 août 1827.	Haidinger.

(1) *Comptes rendus*, t. XXXIII, p. 894.
(2) *Cosmos*, t. I, p. 634.

Ce fut une nuée très-épaisse et fort basse qui lança, le 8 juin 1747, un globe de feu sur le clocher des Grands-Augustins, à Paris (Rabiqueau).

La nuée d'où partit la foudre qui incendia, dans la nuit du 25 avril 1760, l'église de Notre-Dame de Ham était très-basse et paraissait immobile (de Champion).

Dans l'été de 1781, pendant un violent orage, la tour de la ville de Sèze fut atteinte par une foudre globulaire qui partit d'une nuée tellement basse qu'elle paraissait très-peu éloignée du faîte des maisons (1) (Daquin).

La foudre qui, le 30 avril 1822, frappa perpendiculairement le clocher de Rosstall, partit d'un nuage très-bas et d'une densité extraordinaire (Yelin).

Les nuages étaient très bas, lorsque la foudre tua quatre personnes et en blessa plusieurs autres, à Éverdon (Vallis).

Dans un orage qui eut lieu à Paris le 28 août 1839, les nuées noires et surbaissées touchaient presque au sommet des bâtiments (2) (Peltier).

L'amiral Ross dit que l'orage de 1803, qui brisa les mâts de *la Désirée* dans le port Antonio (Jamaïque), fut contemplé par un observateur placé sur une colline près de là; et quoique à une si faible hauteur, ce témoin voyait l'orage à ses pieds, tandis qu'au-dessus de sa tête le ciel était clair et étoilé (3).

Le nuage épais et noir d'où partit la foudre qui atteignit *le Phaéton*, le 14 septembre 1824, dans la rade de Gibraltar, était tellement bas qu'il frôlait les parois des *rochers de la rade* (4).

En comparant les deux tableaux qui précèdent, nous voyons :

1° Que la hauteur des nuées orageuses au-dessus du niveau de la mer est très-variable, depuis 8,080 mètres jusqu'à 28 mètres et même au-dessous.

2° Ce n'est pas seulement dans les pays de montagnes

(1) Daquin, *Note à la traduction de l'essai météorologique de Toaldo*, p. 270.
(2) Peltier, *Dict. d'hist. nat. de d'Orbigny*, t. V, p. 689.
(3) Harris, *Thund*, p. 54, et *Nautic. mag.*, t. XII, p. 453.
(4) *Nautic. magazine*, t. XXI, p. 471.

que les nuées orageuses sont souvent très-élevées au-dessus du niveau de la mer; le même phénomène est maintes fois observé dans les pays de plaines; souvent elles y ont été de 1,600 à 3,470 mètres de hauteur; on en aurait même remarqué à 8,080 mètres, c'est-à-dire à une hauteur plus grande que celle jusqu'ici assignée aux orages dans les montagnes.

Hauteur des nuages orageux observés dans l'Océan. — Pendant la campagne de *la Vénus*, on a trouvé sur l'océan Atlantique et la mer du Sud 900 à 1,400 mètres comme termes extrêmes de la hauteur des nuages orageux (Kaemtz).

Mensuration de la hauteur des nuages. — Plusieurs méthodes peuvent être mises en usage pour déterminer avec quelque précision la hauteur des nuages. Les deux suivantes sont généralement adoptées :

1° On établit un parallélisme ou une sorte de nivellement entre les nuages et d'autres objets dont on connaît la hauteur. Dans les pays de montagnes, par exemple, on apprécie la hauteur du nuage d'après la hauteur des sommités que ces nuages couvrent ou vont couvrir, hauteur que l'on connaît déjà, ou que l'on mesure plus tard à l'aide du baromètre ou de la trigonométrie.

2° Dans les pays de plaines comme aussi dans les pays de montagnes, une méthode de mensuration consiste : dans un *premier temps*, à déterminer avec un chronomètre le nombre de secondes comprises entre l'arrivée de l'éclair et celle du tonnerre ; dans un *second temps*, à reconnaître la hauteur angulaire de l'extrémité de l'éclair la plus voisine du lieu où l'on observe, à l'aide du graphomètre, du théodolite ou d'un instrument à réflexion et en se guidant sur les accidents de forme ou de clarté que présentent constamment les nuages.

L'observateur qui aura déterminé, avec un chronomètre, le nombre de secondes comprises entre l'arrivée de l'éclair et celle du tonnerre, en déduira facilement la distance qui le sépare du point où le météore s'est manifesté. Il lui suffira de multiplier ce nombre entier ou fraction-

naire par 337. Le produit sera la distance cherchée exprimée en mètres.

Ce résultat, il faut bien le remarquer, est en général la distance rectiligne des nuages, mesurée sur une ligne inclinée à l'horizon ; c'est l'hypothénuse d'un triangle rectangle dont les deux autres côtés sont d'une part une portion de l'horizontale du lieu de l'observation, de l'autre, la hauteur verticale du nuage sur cette mesure horizontale.

Pour déduire de la longueur de l'hypothénuse la hauteur verticale du nuage il faut connaître la hauteur angulaire de l'extrémité de l'éclair la plus voisine du lieu de l'observation : il faut savoir si elle est de 10°, de 20°, de 45°, etc. Cette hauteur, on la mesure avec une précision suffisante à l'aide d'un graphomètre, d'un théodolite ou d'un instrument à réflexion en prenant pour repère, pour point de mire, les accidents fortuits de forme ou de clarté les plus voisins du point où l'éclair s'est montré et dont les nuages orageux ne sont jamais exempts. Cela une fois connu, le calcul s'effectue en un trait de plume. (Arago).

M. Pouillet a publié une note sur un moyen photographique de déterminer la hauteur des nuages ; dans cette note on trouve un historique de la question (1).

Translation. — Les orages stationnaires dont la durée peut être fort longue sont assez généralement remarquables par la simultanéité ou la succession rapide de leurs décharges sur des points fort circonscrits.

Le capitaine Ward rapporte qu'en 1806 le navire *le Pélican* fut assailli dans la baie de Honduras (Indes occidentales) par un orage dont la durée fut d'*une heure* environ. Pendant tout ce temps, les éclairs, le tonnerre, les décharges foudroyantes se multiplièrent d'une manière effrayante. *Le Pélican* fut gravement endommagé par la foudre (2).

Parfois l'orage n'est pas stationnaire ; il ne se meut pas non plus dans une seule direction, comme nous le verrons

(1) *Comptes rendus*, t. XL (1855), p. 1157.
(2) Harris, *Thund*, p. 52.

bientôt ; mais *il se promène* en quelque sorte et pendant plus ou moins longtemps sur une même contrée. — Ainsi M. Clos, dans ses Études sur la météorologie du pays toulousain (p. 161), rapporte que le 25 juin 1829 un gros orage commença à trois heures du soir et n'avait pas tout à fait cessé à sept heures et demie. *Pendant plus de quatre heures,* toute la contrée fut dans une inquiétude continuelle, car cet orage terrible se portait tantôt d'un côté, tantôt d'un autre, entraîné par la lutte des vents.

Ou bien encore les orages se propagent dans des *directions curvilignes,* comme les *tornados* des régions intertropicales. Il en est souvent ainsi, d'après M. Fournet, des orages des environs de Lyon (1).

Mais le plus ordinairement, les orages suivent une di-*direction* presque *rectiligne,* poussés par un vent plus ou moins fort.

En Europe, la plupart des orages sont amenés par des vents du *sud-ouest.*

A Stockholm les orages viennent ordinairement du sud-ouest. (Winkler).

Dans les zones d'Allemagne, leur marche générale est du sud et du sud-ouest (Keforstein, Schon, Schübler, Schweigger).

Schübler dit que sur quarante-trois orages observés à Giengen, en 1824, cinq seulement marchaient de l'est à l'ouest ; et qu'en 1821, sur cinquante-cinq orages, vingt-huit vinrent de l'ouest et seize de l'est. — Il ajoute qu'en 1823 les orages traversaient le Würtemberg, en général, de l'ouest à l'est.

A Berlin, suivant Gronau, la direction des orages est le plus communément du sud-ouest et rarement du nord et de nord-est.

A Kiel, les orages viennent généralement du sud-ouest et se dirigent vers l'est, peut-être attirés par la grande masse d'eau de l'Ost-See.

M. Herrenschneider, dans son résumé des observations

(1) *Comptes rendus,* t. XV, p. 651 (1842).

météorologiques faites à Strasbourg, pendant l'année 1829, dit que sur seize orages avec tonnerre, sept vinrent du sud-ouest, cinq du sud, deux du nord-est, un seulement de l'ouest ainsi que du nord-ouest.

Enfin, suivant M. Clos, les orages dans le pays toulousain viennent pres que constamment du couchant.

Nous verrons, en parlant des moyens de se garantir de la foudre, qu'il est fort important de connaître la direction ordinaire des orages dans telle ou telle région.

Plusieurs circonstances modifient la direction que suivent les orages.

Parfois les nuages orageux abandonnent la direction du vent qui les pousse pour suivre les cours d'eau. M. Sturgeon dit avoir souvent observé ce phénomène au confluent de la Medway et de la Tamise.

Les montagnes les arrêtent, les dévient, les coupent en deux; aussi quelques-unes d'entre elles ont reçu en Allemagne le nom de *Wetterschneiden* (coupe-orages).

Les forêts jouent encore ici un rôle important.

La *vitesse* des orages est très-variable.

Il est très-ordinaire, suivant M. Wilson, qu'une nuée à tonnerre fasse 4 ou 5 milles marins dans une heure. (Le mille marin, en Angleterre comme en France, de 60 au degré, est de 1,852 mètres.) — D'après le physicien anglais Canton, et aussi selon M. Schübler, un orage qui a un mouvement rapide peut parcourir 8, 15 et même 24 milles marins ou géographiques par heure.

Certains orages parcourent une grande étendue de pays, en causant de grands ravages. Des orages ont ainsi passé du côté sud de l'Angleterre jusqu'au nord de l'Écosse et de l'Irlande. — Un orage de cette sorte eut lieu au mois de juillet 1827 : il commença le dimanche soir sur la partie sud-ouest du Devonshire, atteignit Cheltenham la même nuit et Glascow le matin suivant (1).

Parfois les orages *reviennent en arrière*, phénomène plus particulièrement remarqué dans les pays de montagnes.

(1) Harris, *Thund*, p. 62.

Suivant M. Perrot, les orages affectent, dans le département du Haut-Rhin, une marche assez régulière : quand ils se forment avant trois heures, ils ont d'abord une tendance à se perdre dans le nord-ouest ; tandis que vers le soir, ils semblent rétrograder vers le sud-est ; mais quand ils naissent le soir, ce qui est le plus ordinaire, ils s'avancent peu vers le nord et reviennent presque aussitôt dans la direction du sud-ouest (1).

Parfois deux orages distincts, accompagnés chacun d'éclairs et de tonnerre, viennent de deux côtés opposés, se rencontrent et sont la cause de très-graves accidents. — Le pasteur Bus, à Vilbet (Hesse), a signalé un orage de ce genre.

Nous avons, d'une autre part, cité plusieurs exemples de nuées fortement chargées d'électricité et dont la rencontre a formé un orage (2).

Orages rapidement successifs. — Parfois plusieurs orages se succèdent rapidement et en peu de temps sur la même région ; généralement alors ils suivent la même direction, ou à peu de chose près. En voici un exemple remarquable :

Le 8 août 1717, on observa à Olau (Silésie) une succession fort remarquable d'orages, tous poussés par des vents de l'ouest ou sud-ouest. Le vent du nord mit fin à ce phénomène.

A midi : violent orage avec pluie. Vers le coucher du soleil : orage venant de l'ouest, bientôt suivi de deux autres, l'un de l'ouest, l'autre de l'ouest-sud-ouest, et se dirigeant tous trois vers le nord. Un quatrième orage survint et suivit les trois premiers ; — bientôt après en arriva un cinquième, du sud-ouest. Vers neuf heures et demie, un vent très-violent de l'ouest en amena un sixième. Enfin le vent du nord dissipa tous ces orages.

On observa, le 14 du même mois, à peu près la répétition de cette suite d'orages (3).

(1) *Statist. gén. du dép. du Haut-Rhin.*
(2) *Voigt's magaz.*, t. III, p. 234.
(3) *Bresl. Sammlung*, p. 154 (1717).

Mouvement intestin. — Les nuages orageux présentent souvent à la vue simple ou aidée de la lunette d'approche, des mouvements intestins très-variables dans leur étendue et leur vivacité ; ils semblent formés d'une fumée très dense qui roule en flocons sur elle-même ; leurs diverses parties s'approchent les unes des autres, s'éloignent, semblent se confondre pour se séparer bientôt; souvent alors de très-petits éclairs jaillissent de ces petites masses si mobiles. — Parfois, dit Beccaria, les nuages orageux paraissent éprouver une sorte de fermentation dont les autres nuages sont privés, et M. Forster la compare au mouvement qu'on remarque à la surface d'un fromage rempli de vers.

« La tendance immédiate à une explosion électrique est » toujours manifestée à ceux qui portent leurs regards sur » la partie inférieure des nuages par une *surprenante vibration* » des portions détachées, déchirées des masses qui les en- » tourent; elles semblent obéir en hâte à l'attraction irrésis- » tible de la masse et prendre leur place dans l'arrangement » général dont probablement les effets dépendent (1). »

Épaisseur de la couche des nuages orageux. — La distance qui sépare la face inférieure de la face supérieure de la masse orageuse est très-variable ; malheureusement nous ne possédons encore sur ce point qu'un fort petit nombre d'observations. Dans les quatre relations que nous allons citer l'épaisseur de la couche a été de 850, de 450, de 36 et même de 8 mètres seulement.

Le 29 septembre 1826, près de Saint-Jean-Pied-de-Port (Pyrénées), MM. les capitaines d'état-major Peytier et Hossard se trouvaient placés de manière à voir au même instant les deux surfaces opposées d'un nuage :

La plus basse était à	450	mètres.
La plus haute. —	900	id.
Épaisseur de la couche .	450	id.

(1) Howard, t. II, p. 306.

Le lendemain 30 septembre :

Le plan inférieur du nuage paraissait à	600	mètres.
Le plan supérieur.	1450	id.
D'où épaisseur totale du nuage. .	850	id. (1)

M. Haidinger, comme nous l'avons vu en étudiant la hauteur des nuages orageux, a cité deux cas observés à Gratz et au couvent d'Admont, où la couche moyenne n'avait que 36 mètres, et même 8 mètres d'épaisseur. Nous ne reviendrons pas sur la méthode alors suivie pour s'en assurer.

Les *nimbus* se formaient toujours au-dessous des sommets de 3,100 mètres d'altitude, et le plus généralement entre 1,400 et 2,000 mètres d'altitude. Ils constituaient souvent une couche dont l'épaisseur variait entre 1,000 à 3,000 mètres. M. Rozet a vu éclater de violents orages sur des points de cette couche, tandis que des régions très-étendues demeuraient tranquilles (2).

Solidarité, action mutuelle. — Les nuages orageux paraissent être dans une sorte de solidarité; si l'état fulminant de l'un d'eux est changé, à l'instant même les autres nuages s'en ressentent jusqu'à de très-grandes distances. Un éclair part fort loin de l'endroit où l'on observe un électromètre et les signes que fournit l'instrument peuvent précéder d'une demi-minute entière, et même plus, le moment où le bruit du tonnerre arrive à l'oreille de l'observateur (Arago).

Suivant M. le comte de *Tristan* (3), une nuée orageuse en attire une autre qui se trouve à peu de distance et la dévie de sa route. Il y a lieu de croire que l'action est réciproque et que, par conséquent, la déviation de chaque nuée est en raison inverse de sa puissance, sauf l'effet des circonstances accessoires.

Une nuée attirée par une plus forte hâte son mouvement à mesure qu'elle approche de l'orage principal.

Quand il y a une nuée affluente qui, de son côté, faisait

(1) *Comptes rendus*, t. IV, p. 25 (1837).
(2) *Ibid.*, t. XXVII, p. 647 (1848).
(3) *Ann. de la Société royale des sciences, belles-lettres et arts d'Orléans.*

des ravages, elle les suspend quelquefois en approchant de l'orage principal, ce qui peut être une suite de l'accélération de son mouvement, mais après la réunion le mal s'accroît ordinairement.

Action des nuages à distance. — Les nuages électrisés peuvent produire sur les objets terrestres divers effets remarquables, même quand ils sont trop élevés pour donner des coups de foudre. C'est surtout sur les eaux que des effets d'attraction se font sentir. M. Liais a observé en 1852, à Cherbourg, un ras de marée pendant lequel la mer a baissé en dix minutes de la quantité dont elle baisse ordinairement en deux heures, ce qui fut attribué à l'action des nuages qui attiraient les eaux en pleine mer après un orage qui s'éloignait de la ville. On a vu fréquemment, sous l'influence des nuages orageux, l'eau s'élever en cône et retomber, pour être soulevée de nouveau.

Brugnatelli a vu, à la suite d'un orage, les eaux d'un lac du territoire de Lucques devenir blanches et troubles, et les jours suivants, il y avait une foule de poissons morts sur les bords.

Dimensions horizontales. — Les masses de nuées orageuses, souvent peu étendues, ont parfois des dimensions horizontales considérables; elles couvrent alors de vastes pays et produisent des décharges presque simultanées sur divers points.

Ainsi, pendant la nuit du 14 avril 1718, un orage couvrit à la fois la côte de Bretagne entre Landernau et St.-Paul-de-Léon et n'endommagea pas moins de vingt-quatre clochers.

En 1774, un violent orage s'étendit au-dessus de Londres et la foudre tomba en plusieurs endroits assez éloignés les uns des autres; l'église de Saint-Pierre, un navire hollandais, près de la tour, l'obélisque de Saint-George, dans le faubourg de Southwark, une cheminée à Lambethy et une maison au Vaux-Hall, aux extrémités de Londres, furent foudroyés (1).

(1) *Phil. trans.*, t. LXIV

Le 15 janvier 1815, un orage occupa la vaste étendue comprise entre la mer du Nord et les provinces rhénanes, y frappa et endommagea plus de douze clochers.

« Les orages, dit M. Kaemtz, s'étendent souvent sur une » superficie de plusieurs myriamètres carrés, et l'électricité de » chacune de leurs parties réagit sur l'autre.

» L'observateur placé dans la plaine, n'a pas une vue » assez étendue pour l'embrasser tout entier et celui qui est » sur une montagne est le plus souvent entouré de nuages. » Dans un orage que j'ai observé du Faulhorn, le 13 août 1833, » ajoute M. Kaemtz, les nuages inférieurs n'existaient pas et » j'ai pu contempler le phénomène dans toute sa grandeur; » plusieurs fois pendant la journée il avait plu au loin et près » de moi. Vers sept heures du soir, la masse des nuages, com- » posée de plusieurs couches, avait une apparence orageuse; » leur surface inférieure était à une élévation de 3,300 mètres » environ. Au delà des Diablerets dans le Bas-Valais, et du » Glaernisch dans le canton de Glaris, on ne voyait rien. » Dans cet orage, qui avait une étendue de plus de 150 kilo- » mètres, les éclairs venaient distinctement de cinq points » différents. Plusieurs heures d'observation m'ont prouvé que » les électricités de ces cinq points agissaient et réagissaient » les unes sur les autres. Sur un tiers au moins des éclairs » voici ce que je constatai : un éclair partait dans le pays de » Vaud entre deux couches de nuages, car la couche infé- » rieure était peu éclairée; immédiatement après, souvent » en même temps, on voyait dans le voisinage du Rinderhorn » un éclair en zigzag dirigé de haut en bas. Quelques instants » après, des lueurs électriques brillaient au-dessus de Berne; » un éclair en zigzag leur répondait dans la direction de » Lucerne, puis dans celle de Schwitz. Lorsque le temps » devint plus sombre, je vis aussi des éclairs dans l'est, mais » ils étaient trop éloignés pour que je pusse les étudier. Il est » évident que le premier éclair parti dans le pays de Vaud » troublait l'équilibre de tout le système : un observateur » placé à Schwitz aurait donc observé des oscillations dans » l'électromètre, dont la cause première dépendait d'un » éclair parti dans le voisinage du lac Léman. »

Nuages colorés. — La couleur des nuages orageux est très-variable : ils sont blancs, gris, plombés, ardoisés, noirâtres ou noirs; ils sont parfois aussi d'un bleu d'indigo foncé, d'un noir jaunâtre, verdâtre ou rougeâtre, et souvent ils passent d'une teinte à une autre.

Maintes fois parmi les nuages orageux qui couvrent le ciel on en voit un plus petit et plus bas que les autres, dont la figure sinistre, extraordinaire, exige une surveillance attentive, car c'est lui qui va très-probablement lancer la foudre. On doit alors particulièrement redouter les nuées noires, surtout celles qui passent du noir au rougeâtre, et plus encore celles qui passent du noir au verdâtre. Un grand danger menace l'homme, lorsque à son zénith ou près de là passe une nuée de ce genre, surtout si elle est fort basse.

Parfois arrivent des nuages noirs sur lesquels se détache un nuage blanc, qui leur est inférieur et qui, d'après une observation vulgaire et souvent vérifiée par l'événement, est un signe précurseur de la grêle dont l'orage va être accompagné. M. Dutrochet est disposé à croire que ce nuage blanc est formé par les grêlons eux-mêmes qui restent suspendus pendant un certain temps dans l'atmosphère avant de se précipiter vers la terre; retenus probablement en suspension par la puissante force électrique des nuages orageux (1).

Quant à la nature de l'électricité dont un nuage est surchargé, M. Peltier dit avoir observé que les nuages fortement *négatifs* ont une teinte grise, plombée ou ardoisée, tandis que les nuages *positifs* sont blancs, rosés ou orangés. Quand on aperçoit un nuage d'une teinte bleue, plombée en tête et blanchâtre à la suite, on est certain, dit-il, de trouver successivement les signes de chacune des deux électricités.

M. Quételet a signalé à l'Académie de Belgique un nuage vert pomme immense qui se trouvait au milieu de nuages orageux d'une teinte plus ou moins cuivrée (2).

Nuages lumineux. — Les *nuages orageux* sont parfois lumineux d'une *manière continue.*

(1) *Comptes rendus*, t. XVII, p. 309.
(2) *L'Institut* (1853).

Plusieurs fois on a vu deux nuages orageux rester lumineux, comme phosphorescents, pendant un temps plus ou moins long. Tantôt, c'est un nuage mamelonné et semblable par sa forme aux nuages ordinaires, qui est lumineux dans toute son étendue. Tantôt les nuées lumineuses forment des zones séparées par des intervalles obscurs. D'autres fois encore ce sont les bords, les déchiquetures marginales des nuages qui présentent cet aspect lumineux et persistant. — Et il n'est pas rare que la foudre et des éclairs de formes diverses partent de ces zones brillantes, de ces nuages phosphorescents. Dans un cas, des éclairs en zigzag n'étaient pas accompagnés de tonnerre. — Cette apparence lumineuse est due sans doute à une surcharge électrique et à la succession d'innombrables petites décharges entre les innombrables particules de ces nuages; elle est analogue à celle qu'on voit à l'extrémité inférieure de certaines trombes.

Suivant M. Peltier, ce phénomène serait un des plus propres à constater l'existence des nuages transparents et la dispersion de leur électricité. Cette électricité répartie autour des particules de vapeur n'offre point à la périphérie de ces charges libres qui se neutralisent en masse et forment une vive explosion; leur neutralisation, au contraire, se fait peu à peu, par une suite de rayonnements réguliers qui produisent une lumière durable mais d'une intensité beaucoup plus faible que celle des éclairs.

L'abbé Rozier a rapporté une observation de nuages lumineux ayant la couleur blanche éclatante du phosphore qui brûle (1), qu'il observa le 15 août 1781 à Beauséjour, près de Béziers.

Nicholson a observé à Londres, le 30 juillet 1797, des nuages épais d'un bleu foncé et d'un rouge très-accusé sur les bords (2).

Un autre exemple de nuages colorés pendant l'orage est rapporté dans les Annales de Gilbert (3).

(1) *Journal de physique*, t. XVIII, p. 276, année 1781.
(2) *J. of natur. philos.*, n° 6 (1797), et Gilbert's, *Ann.*, t. VI, p. 258 (1800).
(3) t. LXXII (1822).

M. Colla, directeur de l'observatoire météorologique de Parme, rapporte que dans la soirée du 18 juin 1840, par un ciel parsemé de nuages orageux, il observa depuis 9 h. jusqu'à 10 h. 1/4, dans la direction du midi, des éclairs très-éblouissants de couleur jaune, presque toujours en forme de zigzag; ils partaient, suivant toutes les directions, d'un endroit du ciel occupé par une espèce de *nuage brillant d'une lumière phosphorique* dont l'élévation au-dessus des montagnes pouvait être de 4° à 5° et qui avait une étendue de 15° à 20°. Les éclairs se montraient à quelques secondes d'intervalle et s'élançaient constamment du nuage phosphorescent qui resta lumineux sans changer d'intensité et de figure pendant tout le temps énoncé. A 10 h. 25 m. le ciel, vers cet endroit, se couvrit de nuages obscurs à protubérances; ils devinrent bientôt le foyer d'un violent orage qui continua jusqu'à minuit un quart (1).

L'observation suivante nous paraît devoir trouver sa place ici. Dans une nuit du mois de juillet, il y eut à Bramley, dans le comté de Kent, un violent orage qui, sans faire aucun dégât, présenta un phénomène fort remarquable. La foudre, dit l'auteur de la relation, mit le feu aux brouillards extraordinaires qui depuis un mois rendaient l'atmosphère trouble. Après chaque éclair, il paraissait une flamme claire et sans bruit, qui, après la cessation du tonnerre, devenait si blanche et si resplendissante qu'on pouvait lire à sa lueur. Les insectes qui couvraient en abondance les arbres avaient disparu le jour qui suivit cet orage (2).

Dans les relations suivantes nous voyons des nuages, sans être orageux, offrir cependant l'aspect phosphorescent ou brillant que nous avons signalé dans des nuages manifestement orageux. Doit-on chercher encore ici l'explication de ce phénomène dans la multiplicité et le renouvellement de petites décharges fulgurantes ?

« Me retirant chez moi, à Londres, vers les 11 heures » d'un soir d'hiver, l'air étant très-serein, sans être bien » froid, n'y ayant point de clair de lune, je vis, dit de Luc,

(1) *Acad. des sciences de Bruxelles*, séance du 1er août 1840.
(2) *Gesellschaft naturforschauden Freunde zu Berlin neue scrift*, t. III, p. 141.

» (*Idées sur la météorologie*), une pommelure lumineuse, » formant une zone de plusieurs degrés de largeur, qui » s'étendait à peu près d'orient en occident, passant à » 30° ou 40° du zénith, du côté du sud, et atteignant pres- » que l'horizon de part et d'autre. Je loge très-près de la » campagne, ce qui me rendit facile d'observer ce phéno- » mène dans toute son étendue, et je le fis du moment où je » commençai à l'apercevoir jusqu'à la fin. Cette espèce de » nue, aussi brillante dans toute sa longueur qu'une nue » mince devant la lune, cachait d'abord toutes les étoiles. » Peu à peu sa pommelure se discerna mieux et les étoiles » parurent dans les intervalles des pelotes; je les ai aperçues » ensuite dans les pelotes mêmes, qui ne ressemblaient plus » qu'à de la gaze; et enfin, au bout d'environ dix minutes, » elle se dissipa presque partout en même temps. Il y avait » là quelque décomposition phosphorique: car d'où aurait » procédé cette lumière qui partait de toute la nue? Mais il » n'y avait pas le moindre signe électrique; car tout était » au repos, à l'exception d'un petit mouvement qu'avait » l'ensemble de cette zone. ».

« Il m'est fréquemment arrivé, dit Beccaria, dans les nuits entièrement obscures, particulièrement en hiver, de voir des nuages épars, s'agglomérer et former ensuite dans leur ensemble un nuage général uniforme, à surface unie, et d'une densité apparente peu considérable. De tels nuages répandent dans tous les sens une lueur rougeâtre, sans limites définies, mais assez intense pour qu'elle m'ait permis de lire des livres imprimés en caractères ordinaires. Les clartés nocturnes provenant des nuages, je les ai surtout observées dans les nuits d'hiver, entre deux averses de neige... Quant à moi, je les attribue à la matière de la foudre (feu électrique) et c'est à elle qu'il appartient universellement de former les nuages généraux, sans ondulations apparentes. Cette matière circulant dans les vapeurs en quantité un tant soit peu plus considérable qu'elles ne peuvent en transmettre, doit se manifester à l'état lumineux, ainsi que le constatent tant d'expériences de cabinet. S'il existe des traits de lumière très-déliés et extrêmement fréquents dans tous les

points où les vapeurs présentent de légères variations de densité, il ne saurait évidemment manquer d'en résulter une lueur générale sans limites définies (1). »

Pendant ses voyages pour la détermination des lignes d'intensité magnétique en Écosse, le major Sabine resta plusieurs jours à l'ancre à Lough-Scavig, dans l'île de Sky. Cette île est entourée de montagnes nues et élevées parmi lesquelles on en remarque une qu'enveloppe presque toujours un nuage résultant de la précipitation des vapeurs que les vents à peu près constants de l'ouest y amènent de l'Atlantique. Ce nuage, la nuit, était lumineux par lui-même et d'une manière permanente. Plusieurs fois M. Sabine en vit sortir en outre des jets semblables à ceux des aurores boréales; cependant il repousse bien loin l'idée que ces jets dussent être attribués à des aurores véritables, voisines de l'horizon et dont la montagne aurait dérobé la vue directe. Suivant lui, tous ces phénomènes de lumière continue, de lumière intermittente avaient leur cause, quelle qu'en puisse être d'ailleurs la nature, dans le nuage même.

M. Robinson a fait, en Irlande, diverses observations sur les *propriétés phosphorescentes du brouillard ordinaire.*

Les matières étrangères qui se mêlent quelquefois à notre atmosphère lui communiquent la faculté phosphorescente à un très-haut degré. — Un mémoire de M. Verdeil, médecin à Lausanne, nous apprend, par exemple, que le célèbre brouillard de 1783 « répandait la nuit une lumière qui permettait de voir les objets à une certaine distance et qui s'étendait également sur tout l'horizon; — cette lumière ressemblait assez à celle de la lune lorsque, étant dans son plein, cet astre se cache derrière un nuage épais ou que le ciel est couvert. »

Le brouillard de 1783 a été le foyer, la cause peut-être, de fréquents orages.

D'autres faits de ce genre sont signalés (2).

(1) *Dell' Elettric., terr. atmosf.*, p. 288.

(2) Gilbert, *Ann.*, t. LXXII, 1822. *Mém. de M. Egen sur les matières de feu.* Colla, *Acad. des sciences de Bruxelles.* séance du 1er août 1840. *L'Institut*, t. IX, p. 4 (1841).

Densité. — Les nuages orageux sont généralement remarquables par leur densité; elle est quelquefois si grande qu'ils paraissent formés par une matière solide; mais d'un autre côté, M. d'Abbadie a remarqué, en Éthiopie, des nuages orageux, qui, malgré les fortes manifestations électriques dont ils étaient le foyer, n'empêchaient pas la vue des étoiles à travers leur masse.

Électricité. — *Augmentation de volume du nuage par le fait de son électrisation.* Une nuée électrique est plus dilatée que celle qui ne l'est pas; et c'est là une des causes de son ascension ou de l'élévation à laquelle elle se soutient.

Van Marum ayant fait avec la peau de l'amnios du veau deux ballons contenant chacun 2 pieds cubiques d'air inflammable et les ayant lestés de manière qu'ils se soutinssent dans la partie inférieure de l'atmosphère, il les électrisa, l'un positivement et l'autre négativement. Ils s'élevèrent aussitôt, puis se rapprochèrent pour combiner leur électricité et ensuite descendirent lentement (1).

Espèce d'électricité. — Au point de vue de l'espèce d'électricité dont les nuages sont chargés, il y a, dit M. Peltier, deux sortes de nuages : les nuages vitrés et les nuages résineux.

Les nuages *vitrés* sont d'un blanc vif et sont propres à refléter le rouge; ils sont bien limités, bien circonscrits; ils sont denses et assez compactes; ils s'étendent toujours beaucoup en hauteur et fort peu en superficie; ils présentent donc toujours une assez grande épaisseur : ce sont les *cumulus* d'Howard.

Les nuages *résineux*, au contraire, sont gris, gris plombé ou ardoisé, quelquefois même bleuâtres; ils ont des bords mal définis; ils sont toujours assez minces, mais très-étendus: ce sont les *stratus* d'Howard (2).

Les premiers donnent toujours des pluies douces, régulières, sans beaucoup de vent ou de la neige; les seconds

(1) *Expériences faites avec la machine Teylérienne, J. de physique,* t. XXXI, p. 347 (1787).

(2) Voir Howard, *Phil. mag.*, t. XVI, p. 97 et 344 (1803).

donnent des averses violentes accompagnées de rafales de vent, ou bien de la grêle ou du grésil. Ils sont toujours plus bas que les premiers.

De la distribution de l'électricité dans les nuages. — L'expérience montre que l'électricité se porte à la surface des corps conducteurs, et qu'il ne s'en manifeste aucune trace dans leur intérieur; en est-il de même pour les nuages?

Suivant Gay-Lussac, les nuages qui présentent quelque densité sont analogues aux conducteurs ordinaires; l'électricité se porte simplement à leur surface. Mais comment expliquer que l'électricité ne se neutralise pas par une seule explosion ou au moins par un petit nombre d'explosions? Comment les décharges d'électricité peuvent-elles se reproduire aussi nombreuses et aussi rapprochées? En outre les explosions devraient cesser avec la première pluie, puisque la communication de celle-ci entre le nuage et la terre permet à l'électricité de s'écouler librement.

Kaemtz pense qu'il est probable que chaque vésicule d'un nuage conserve une portion de son électricité, de manière cependant que cette portion est d'autant plus considérable que la vésicule est située plus près de la surface du nuage. Quant à la cause qui retiendrait ainsi l'électricité autour de chaque vésicule, M. Kaemtz la trouve dans la résistance que doit éprouver l'électricité pour passer d'une vésicule à la suivante, résistance qui provient de l'imparfaite conductibilité de l'air interposé. Mais, comme le fait remarquer M. Duprez, cette manière de considérer la distribution de l'électricité dans les nuages n'explique pas comment les vésicules de vapeur libres et électrisées de la même manière forment cependant des masses limitées comme le sont les nuages, au lieu de se répandre uniformément par leur répulsion mutuelle.

M. Peltier a donné une autre théorie (1). Nous ne pouvons l'exposer en entier dans cet ouvrage, nous disons seulement que l'auteur admet deux sortes de tension : 1° *la tension périphérique* ou celle de l'électricité libre à la surface ; 2° *la ten-*

(1) Voir *Mémoire de météorologie électrique*, par Peltier, p. 441.

sion *particulaire* ou celle de l'électricité conservée autour de chacune des molécules de vapeur. La tension individuelle des particules les tient à distance, tandis que l'électricité de la surface les rapproche, les groupe, les maintient en corps, tout en laissant à chacune d'elles son individualité, si la tension extérieure est modérée et proportionnée à celle de l'intérieur, et enfin les rapproche jusqu'à la condensation liquide si la tension extérieure est très-puissante.

Les nuages n'ayant pas autour d'eux toute leur électricité, comme dans nos conducteurs métalliques, la neutralisation de leur électricité pourra se faire à tous les degrés possibles d'instantanéité, depuis l'explosion la plus vive jusqu'à l'écoulement lumineux de quelques minutes. Dans les orages ordinaires, l'éclair étant presque toujours le produit de la décharge de l'électricité libre agglomérée à la surface des nuées est instantané et rien n'en peut mesurer la durée. Mais il arrive quelquefois, pendant des orages excessivement chargés d'électricité, que les éclairs ont une durée qu'on apprécie facilement, et souvent aussi on remarque divers météores ignés qui durent plusieurs minutes.

M. Crosse a émis une autre opinion sur la constitution des nuages à tonnerre.

Le nuage à tonnerre est formé, d'après lui, d'un certain nombre de zones concentriques d'électricité, alternativement positive et négative; la zone centrale ayant la plus haute intensité et la tension diminuant dans les zones successives jusqu'à ce qu'elle devienne inappréciable dans celle qui est la plus éloignée. Cette opinion a été adoptée aussi par M. Baggs et par plusieurs autres savants (1).

M. le docteur Noath, dans une visite qu'il fit à son ami Crosse de Broomfield, près de Bridgewater, eut l'occasion de constater expérimentalement la constitution d'un nuage orageux. On trouvera le détail de ces expériences dans le *Cosmos*, t. VI, 1855, p. 384. L'auteur de ces observations conclut que la distribution de l'électricité au sein d'un nuage orageux semble être toute différente, ou mieux est, en réalité,

(1) *Lond., Edinb., Dubl. Philos. mag.*, 3e série, t. XXXII, p. 391 (1848).

l'inverse de la distribution que l'on observe au sein d'un conducteur isolé. Dans le conducteur, la force rayonne du centre à la circonférence, augmentant d'intensité proportionnellement au carré de la distance au centre; tandis que dans le nuage orageux, l'intensité électrique diminue du centre à la circonférence. Il semble se former d'abord un noyau d'électricité positive, par exemple, occupant un large espace au centre du nuage; autour de ce noyau naît une zone d'électricité négative, d'intensité égale en valeur absolue à celle de l'électricité du noyau; viennent ensuite d'autres zones accouplées par paires alternativement positives et négatives, mais dont les charges vont sans cesse en diminuant, à mesure que l'on s'approche du bord du nuage.

Directement au-dessous du noyau central du nuage, il doit exister à la surface de la terre un noyau d'électricité de nom contraire ou d'électricité négative correspondant à la zone d'électricité positive; il en est de même de toutes les zones électriques du nuage qui doivent avoir sur la terre, en vertu des lois de l'induction, leurs zones correspondantes d'électricité opposée. Il peut arriver que l'électricité positive du noyau central du nuage se décharge sur le noyau d'électricité négative qui lui correspond à la surface de la terre, et c'est ce qui a lieu ordinairement lorsqu'un éclair luit; des décharges peuvent avoir lieu entre deux zones concentriques ou correspondantes quelconques sans autre changement dans leur état électrique relatif qu'une diminution d'intensité par la soustraction au noyau central d'une certaine portion de sa charge primitive; chaque éclair successif affaiblissant la tension électrique de la couche d'air dont le nuage et la terre sont comme les deux armatures (1).

Constitution des nuages. — Les nuages opaques sont formés par la réunion de petits corps sphériques, visibles à la vue simple, lorsqu'ils sont projetés sur un fond brun ou noir : leur grosseur est d'environ 0^{mm} 0224.

(1) Voir sur ce sujet : Quételet, *Électricité des nuages orageux. L'Institut*, t. XXII, p. 344-46. — Becquerel, *Causes de l'électricité atmosphérique, Comptes rendus*, t. XLII, p. 661.

Suivant la plupart des auteurs ces corps sphériques seraient formés d'une vésicule mince d'eau liquide contenant un gaz ou une vapeur plus légère que l'air, qui compensait la pesanteur spécifique de l'enveloppe. Mais cette hypothèse n'est point démontrée. (Peltier.)

Désaguliers (1), Eales (2), Monge (3), M. de Tessan (4), l'abbé Raillard (5) ont prouvé depuis longtemps que de telles vésicules ne pourraient exister sous la pression atmosphérique et à la basse température des couches où se maintiennent les nuages, et d'après les observations de M. Peltier ces petits corps sont mamelonnés et non lisses comme devraient être des vésicules (6). — Si on les observe sous un rayon lumineux en tenant l'œil dans l'obscurité, on remarque qu'ils ne réfléchissent pas la lumière spécialement, mais qu'ils la dispersent, que leur aspect est mat et non brillant. Avec un grossissement de 8 à 10 diamètres, on voit que ces corps sont formés par la réunion de globulins plus petits; ces globulins, présentant eux-mêmes une lumière mate et dispersée, doivent être également formés par la réunion de globulins plus petits encore. Pendant leur agitation par le vent, ou au-dessus d'un vase d'eau chaude, tous ces globules se maintiennent isolés les uns des autres et ne paraissent jamais s'atteindre. Lorsqu'ils retombent sur la surface du liquide, on les voit rouler et souvent rebondir, comme de petites balles. Cet isolement des globules se fait surtout remarquer lorsqu'ils sont chargés d'électricité libre.

Pour bien comprendre les phénomènes électriques des nuages et en suivre les développements il faut se familiariser avec l'idée de ces individualités. Elles sont aussi nombreuses qu'il y a d'atomes, de molécules, d'agglomérations parcellaires, depuis le plus petit flocon jusqu'aux plus gros cumulus, toutes agissant par leur propre force sur les parcelles

(1) *Cours de physique expérimentale*, t. II, 10e leçon.
(2) *Philos. trans.*, t. LXIX, p. 126 et suiv. (1755).
(3) *Ann. de chimie*, t. V, p. 1 (1800).
(4) *L'Institut*, t. XXIV, p. 169.
(5) *Comptes rendus*, t. XLIII, p. 906.
(6) Peltier, *Mém. de météorol. élect. et Archiv. d'élect.*

voisines avec lesquelles elles forment des corps vaporeux.

Un nuage est donc ainsi composé : les *globules* opaques sont groupés par *petits flocons* ayant leurs limites et leur sphère d'action comme les globules eux-mêmes. Les petits flocons en se groupant forment des flocons plus gros ; ceux-ci des *mamelons*, un certain nombre de ceux-ci forment une *nuelle;* les nuelles forment à leur tour des *nuages définis;* le groupe des nuages définis forme un *cumulus;* et plusieurs cumulus un *nimbus*. C'est d'ailleurs ce que l'observation directe démontre.

Mais les nuages ne sont pas seulement formés de globules de vapeur opaque, on y trouve des globules de vapeur transparente. Tous ces globules sont tenus à distance les uns des autres par le calorique latent et par l'électricité. Si une cause quelconque enlève à un nuage la plus grande partie de son électricité, l'une des deux forces qui concouraient à tenir les globules écartés se trouve supprimée. Les globules de vapeur transparente se condensent, se transforment en vapeurs opaques; les globules de vapeurs opaques, par la même raison, passent à l'état liquide; la densité du nuage, sa pesanteur spécifique se trouve augmentée; le nuage s'abaisse et tombe sur la terre en forme de pluie. En arrivant sur le sol, le nuage dégage la chaleur latente qu'il possédait, ce qui réchauffe d'autant le sol et l'air ambiant.

Formation des orages. — La formation des orages présente de très-nombreux aspects parmi lesquels nous signalerons les quatre suivants :

1° Un nuage épais s'élève directement de la terre. Ainsi :

Plusieurs observateurs se sont accordés à reconnaître que les orages si violents du Haut-Canada s'élèvent en quelque sorte de la surface de la terre en un nuage épais, isolé, qui monte fort lentement et se meut dans la direction du nord, du nord-ouest et jamais du sud.

Signalons aussi une singulière forme d'orage local naissant et se terminant au-dessus d'une mine métallique.

2° Le germe de l'orage se forme autour d'une ou de plusieurs cimes de montagnes.

Les cimes des montagnes ont en effet une notable influence sur la formation des orages, et semblent exercer une force attractive sur la matière nuageuse électrisée. — Souvent des nuages, dits *parasites*, s'attachent à un sommet et sont les précurseurs d'orages, comme M. du Carla l'a fort bien exposé dans un mémoire (1). Ce phénomène a été observé sur les montagnes des diverses parties du globe. Ainsi :

M. Boussingault a souvent remarqué dans les Andes des nuages *parasites* immenses en largeur qui venaient s'attacher à la partie moyenne des cônes de trachyte; ces nuages y adhéraient et le vent ne pouvait les en détacher. La foudre sillonnait cette masse de vapeurs, et de la grêle mêlée de pluie ne tardait pas à inonder le bas de la montagne.

Les nuages parasites ont souvent été sigalés sur le sommet de la montagne de la Table, au cap de Bonne-Espérance; et M. d'Abbadie a vu maintes fois, en Ethiopie, les orages se former autour des cimes les plus élevées.

En Europe les nuages parasites ont été souvent observés sur le Mont-Blanc. « Ils paraissent immobiles, dit M. de Saussure, et ils le sont réellement dans leur totalité; mais si » l'on en observe un de près et avec attention, on y distingue » un mouvement intestin extrêmement vif; on voit aussi que » de petites parties et souvent des flocons plus obscurs que » sa masse sont entraînés avec beaucoup de rapidité dans la » direction du vent (2). »

Suivant M. de la Tourette, la plupart des orages de Lyon et du Dauphiné se forment au mont Pilate; ils s'y rassemblent comme un *chapeau*, ce qui lui donne son nom.

Nous avons dit que M. Hossard vit se former autour du sommet du Jura, nommé le Colombier-de-Gex, un petit nuage d'où partit bientôt un fort coup de tonnerre.

Les orages qui éclatent sur les Pyrénées ont souvent pour germe quelques lambeaux de nuages formés sur le bas pays, ou détachés des immenses couches dont les plaines environnantes étaient précédemment couvertes. Placé sur un des

(1) *J. de Phys.*, t. XXV, p. 94 (1784).
(2) *Voy. au col du Géant*, t. IV, p. 280.

pics de la chaîne, on voit, plusieurs heures après le lever du soleil, se former, au-dessus de la plaine, des nuages qui souvent s'élèvent avec rapidité, vont se grouper tous, tantôt sur une cime, tantôt sur une autre, le plus ordinairement y engendrent un orage.

Palasson a aussi décrit les diverses circonstances de la formation des nuages dans les Pyrénées (1).

M. Lartigue a aussi observé et décrit la formation des orages dans les Pyrénées (2).

L'influence des cimes ou des roches élevées sur la formation des orages nous paraît encore démontrée par le fait suivant :

Un voyageur qui a gravi le mont Pilate, dont la position est très-dégagée au-dessus du lac de Lucerne, rapporte qu'à Brundeln, site habité, le plus élevé de cette montagne, se trouve un petit lac très-profond au-dessus duquel se forment presque tous les orages de cette localité. Ils commencent par un très-petit nuage de la grosseur d'un chapeau, qui s'appuie sur le rocher voisin, très-élevé, y reste immobile et s'accroît rapidement. A mesure qu'il augmente de volume, il s'abaisse et devient bientôt un massif noir qui tonne violemment. La personne qui se trouve sur le rocher voit alors l'orage sous ses pieds; mais elle n'est pas pour cela en sûreté, puisque la foudre se meut aussi bien d'en haut que d'en bas (3).

Le germe d'un orage apparaît sous la forme d'un seul nuage ou d'un très-petit nombre de nuages dans un ciel d'ailleurs serein ou dont le bleu est très-pâle. — Ces nuages sont d'abord de petites dimensions; mais ils grossissent très-rapidement et se réunissent bientôt. — C'est surtout après un premier coup de tonnerre échangé entre ces quelques nuages isolés qu'on voit le ciel se couvrir avec une singulière rapidité; et, à mesure que les coups se succèdent, il se couvre de nuages nouveaux qui cependant ne sont pas

(1) Palasson, *Nouv. mém. pour servir à l'hist. nat. des Pyrénées*, t. IV, p. 150 (1823).

(2) *Comptes rendus*, t. XLI, p. 1015 (1855).

(3) Hannov, *Samml.*, 4st., p. 53 (1757).

apportés par les vents. — On ne doit pas confondre ici le cas où l'orage se forme dans la voûte céleste de l'observateur avec celui où l'orage y arrive tout formé d'un pays voisin. Alors, en effet, la masse nuageuse, d'abord très-petite à l'horizon, prend rapidement, en s'approchant, d'énormes et d'étonnantes dimensions.

Parfois un seul nuage se forme sous un ciel serein, et cependant il constitue à lui seul un orage; car il lance la foudre, comme nous en avons cité ailleurs plusieurs exemples.

4° Par opposition aux orages précédents, signalons ceux qui se forment sur un vaste appareil de *cumulus* et de *cirrus*. Le matin, le ciel, est complétement pur; vers midi, on remarque des *cirrus* isolés; le soir, le ciel a un aspect blanchâtre; le soleil est pâle et blafard; il y a des parhélies ou des couronnes autour du soleil. Plus tard les *cumulus* apparaissent, et bientôt l'orage est formé. — C'est à ce mode de formation que nous rapporterons les deux descriptions suivantes :

Beccaria a soigneusement décrit la formation des nuages et des orages à Turin, pays tout entouré de hautes montagnes (1).

M. Rozet, dans un exposé de ses observations météorologiques faites de 1848 à 1851, sur les Pyrénées, sur les montagnes de Provence, sur les Alpes françaises, a aussi décrit la formation des nuages (2). Cet observateur conclut que le développement d'électricité qui accompagne les nuages est simplement un résultat de l'approche, de la rencontre des nuages de nature différente.

Au reste, parfois les orages se forment en même temps sur plusieurs et même sur cinq points différents au-dessus de l'horizon; tantôt ils agissent séparément et tantôt ils se réunissent en un seul.

M. Hossard a indiqué à M. Arago un signe précurseur des orages dont aucun météorologiste n'avait, à ce qu'il paraît, fait mention avant lui. Cet officier a remarqué que, durant les grandes chaleurs, il se produit tout à coup sur plusieurs points de la couche des nuages inférieurs des soulèvements

(1) *Lett. dell' Elett.*, p. 151-167.
(2) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, t. XXXIII, p. 652 (1851).

qui se prolongent comme de longues fusées verticales, et à l'aide desquels des régions atmosphériques assez distantes peuvent se trouver en communication.

De la fréquence des orages. — Dans les hautes latitudes des hémisphères Nord et Sud, les orages sont tout à fait inconnus, et on les regarde même comme très-rares dans l'Océan, à de grandes distances des continents (1).

Au contraire, sur quelques points du globe, pendant certains mois de l'année, les orages avec tonnerre peuvent être considérés comme un phénomène quotidien. Sur les montagnes de Port-Royal (Jamaïque), le tonnerre gronde chaque jour vers midi, depuis le milieu de novembre jusqu'au milieu d'avril (2).

En Irlande, il tonne très-rarement. Le docteur Tortensen dit qu'en deux ans il n'a tonné qu'une fois à Reikiavik (latitude 65° (3).

A Lima, on ne connaît ni les éclairs ni le tonnerre, il n'y a même jamais de véritables nuages.

Plutarque (4) pensait que le tonnerre ne se faisait jamais entendre en Éthiopie ; les observations de M. d'Abbadie démontrent le contraire pour l'Abyssinie, l'Égypte.

(1) Scoresby, Parry. Voir Arago, *Notice*, p. 388.
(2) *Cosmos*, t. VI.
(3) Arago, *Notice*, p. 391.
(4) « Celuy qui ne navigue point ne craint point la mer, ny celuy qui ne suit « point les armes ne doubte point la guerre, ny les voleurs et espieurs de che- « mins celuy qui ne bouge de sa maison, ny le calomniateur celuy qui n'a rien, « ny l'envie celuy qui n'a point d'estats, ny le tremblement de terre celuy qui « habite en la Gaule, *ny le tonnerre celuy qui demeure en Éthiopie.* » (Trad. d'Amyot, *De la superstition*, p. 120, Paris, 1575.

CHAPITRE II

ÉCLAIRS

SOMMAIRE. — Éclair linéaire. Définition. Forme. Couleurs. Vivacité. Longueur. Durée. Vitesse. Intervalle qui sépare le tonnerre de l'éclair. Imitation par la machine électrique. Théorie de l'éclair linéaire. — Éclair marginal. — Éclair diffus. — Éclairs sans tonnerre : 1° par un ciel serein, 2° par un temps couvert, 3° par un ciel orageux. — Tonnerre sans éclair. — Foudroiement sans détonation. — Foudroiement sous un ciel serein.

Nous étudierons successivement l'*éclair linéaire*, l'*éclair marginal* et l'*éclair diffus*, puis nous chercherons à faire ressortir les relations qui peuvent exister entre l'éclair et le tonnerre.

Éclair linéaire. — *Définition.* — L'éclair linéaire est un sillon de lumière extrêmement délié, très-net, en zigzag et doué d'une énorme vitesse. Il peut être blanc, rougeâtre, violacé, et même bleuâtre.

Pour plusieurs auteurs, cette forme de l'éclair est la foudre elle-même (Arago), ce serait la forme qui produirait le plus souvent l'incendie et la destruction. Sénèque (1) disait : « L'éclair est la foudre qui ne descend pas jusqu'à terre ; la » foudre est l'éclair qui, au contraire, vient la toucher. »

Forme. — L'éclair peut être simplement *rectiligne*, quelquefois il *est courbé en arc ;* dans quelques cas on le voit se bifurquer.

L'éclair linéaire peut être *sinueux*, *ondulé*, plus souvent *en zigzag* ; dans ce dernier cas, plus il se rapproche du sol, plus il tend à devenir rectiligne. L'éclair est continu ou interrompu ; il peut être horizontal, oblique, ascendant, descendant parfois même, après s'être approché du sol, il devient réascendant vers les régions célestes. Suivant Pline, quand l'éclair linéaire venait des régions orientales et y retournait, c'était le présage d'une souveraine félicité.

Parfois plusieurs éclairs linéaires se succèdent dans le

(1) *Quæst. nat.*, lib. 2, § 21.

même sillon : on en a vu qui se ramifiaient tantôt sur leurs côtés, tantôt à leurs extrémités; d'autres se sont bifurqués plusieurs fois de suite (1).

M. Liais a vu des éclairs linéaires à cinq branches.

Le 18 juin 1763, il se forma sur le revers méridional de l'Etna plusieurs ouvertures d'où s'échappaient d'immenses globes d'une fumée noire mêlée de cendres et de poussières enflammées. Ces nuages étaient sans cesse traversés par des éclairs à trois pointes (abbé Ferrara).

On a vu des éclairs à quatre branches; et dans quelques cas les branches principales des éclairs se subdivisaient en un nombre considérable d'étincelles plus petites (2).

On a cherché à déterminer la forme exacte des éclairs linéaires, afin de rechercher les relations qui peuvent exister entre cette forme d'éclairs et les éclats du tonnerre (3).

Couleur des éclairs. — Nous avons déjà dit que les éclairs linéaires étaient ordinairement d'un blanc éblouissant, mais qu'ils pouvaient prendre une teinte jaune, rouge, bleue, même verdâtre et pourpre.

Cette couleur peut être modifiée 1° *par la quantité d'électricité* qui traverse l'atmosphère dans un temps donné (4). — 2° *Par la densité de la couche d'air* que l'éclair traverse. Plus l'air est raréfié, plus cette couleur est violacée; c'est ainsi que l'étincelle de la machine est blanche dans l'air et prend une teinte violette dans le vide de la machine pneumatique. Les éclairs violacés indiquent dès lors la grande hauteur des nuages orageux d'où ils partent, comme MM. Henry et Kaemtz s'en sont particulièrement assurés. — 3° *Par le plus ou moins d'humidité de l'air.* — 4° *Par les diverses substances* que les nuages orageux présentent au passage de l'éclair.

Vivacité. — La vivacité de l'éclair linéaire est en raison directe de l'intensité du courant électrique, de l'obscurité de l'horizon et en raison inverse de la distance d'où il part.

(1) *Comptes rendus*, 8 août 1859. *Nautical magaz.*, XXI, p. 442-467. Harris, *Thund*, t. II, p. 34.
(2) *Philos. mag.* (1850).
(3) Gilb., *Ann.*, LI, p. 139. Brande, *Beitrage zur Witterungs Kunde*, p. 353.
(4) Benj. Martin, *Essai sur l'électricité*, trad. de l'anglais.

Elle est sans doute aussi d'autant plus grande que les substances entre lesquelles il éclate conduisent mieux l'électricité; c'est tout au moins ce qui arrive avec l'électricité de nos appareils (1).

Longueur. — La longueur des éclairs linéaires est souvent considérable : Gay-Lussac dit qu'il est facile de voir dans les pays de montagnes des éclairs de plus d'une lieue. En Abyssinie, M. d'Abbadie a trouvé trigonométriquement des éclairs de 6,762 mètres (2). En Auvergne, M. Lecoq a vu un éclair occuper tout l'espace compris entre le Puy-de-Dôme et le mont Dore (3). A Toulouse, M. Petit a vu des éclairs de 17,000 mètres; à Weimar, M. Weisenborn a vu des éclairs de 8,680 mètres. Arago, en employant une méthode différente de celle des précédents expérimentateurs, a trouvé des éclairs de 3 lieues à 3 lieues $\frac{4}{5}$.

La longueur des éclairs linéaires *verticaux* ou *presque verticaux* peut être estimée en mesurant la hauteur des nuages d'où ils sont partis.

Quant aux éclairs *horizontaux*, nous signalerons deux méthodes de détermination.

1° Une première méthode consiste à se guider sur la distance connue de pics ou de sommets de montagnes entre lesquelles l'éclair a cheminé; on peut prendre pour jalons des corps saillants à la surface du sol, tels que clochers, arbres, aboutissant aux extrémités de l'éclair.

2° Une seconde méthode a été indiquée par Arago; elle donne, sinon les vraies longueurs des éclairs, du moins les limites au-dessous desquelles ces longueurs ne peuvent se trouver. Elle consiste à multiplier par 337 (vitesse du son dans l'air par seconde) le nombre de secondes pendant lequel le tonnerre a duré. Mais cette méthode suppose que le roulement du tonnerre est le temps nécessaire au son pour parcourir un intervalle égal à la différence de longueur des deux lignes menées de l'œil de l'observateur aux deux extrémités de l'éclair. Remarquons en outre que *la durée des échos* est

(1) Voir Poggend. *Ann.*, t. LIII (1841), et *Ann. de l'élect.*, I, p. 438.
(2) *Comptes rendus*, t. XXXIII, p. 894 (1852).
(3) *Comptes rendus*, t. II, p. 327 (1836).

indéterminable, qu'il faudrait la retrancher de celle du tonnerre, et que les orages sont si compliqués qu'on ne peut pas toujours attribuer tel tonnerre à tel éclair. On comprend d'ailleurs que l'inégalité de densité et d'humidité des diverses couches d'air que traverse le son pour arriver à l'observateur puisse en modifier encore la vitesse.

La longueur des éclairs linéaires peut s'expliquer par *l'énorme décharge électrique* dont ils sont la manifestation lumineuse, par le peu de densité, et conséquemment par la faible résistance de l'air dans les régions élevées de l'atmosphère. L'humidité des nuages les rend meilleurs conducteurs de l'électricité que l'air ordinaire.

Pour expliquer la longueur de l'éclair, M. Pouillet dit qu'il faut concevoir sur la route qu'il va prendre les parcelles de vapeur et peut-être bien aussi celles de l'air déjà électrisées par les influences contraires des électricités qui tendent à se précipiter l'une vers l'autre. A un instant donné l'équilibre vient à se rompre, sans qu'il y ait transport du fluide de l'un des nuages vers l'autre, mais seulement transport successif ou vibration successive de couches en couches sur tout le parcours de l'éclair (1).

M. Lamé a essayé de donner une autre explication de la longueur des éclairs (2).

Durée. — La durée de l'éclair linéaire et de l'éclair diffus n'atteint pas la millième partie d'une seconde, d'après les expériences de M. Wheatstone. On peut constater cette sorte d'instantanéité en observant à la lumière d'une étincelle électrique ou d'un éclair un corps doué d'un mouvement rapide de rotation; on l'aperçoit immobile.

On sait que si l'on fait tournoyer à l'extrémité d'une ficelle un charbon enflammé, dès que le charbon décrit un tour entier en un dixième de seconde, on voit un ruban continu de lumière. Les impressions que nous recevons par la vue ont donc une certaine durée; dans l'œil de l'homme, la sensation lumineuse ne s'évanouit qu'un dixième de seconde après

(1) Pouillet, *Élém. de phys. et de météorol.*, t. II, p. 782, 7e édition.
(2) *Cours de physique de l'École polyt.*, t. II, 2e part., p. 82.

la disparition complète de la cause qui l'a produite. Laissons parler Arago sur ce sujet :

« Je veux savoir la durée de chacun des éclairs qui sillon-
» nent le ciel pendant une nuit obscure; en face de la région
» où existe l'orage, j'établis une roue en métal portant cent
» rais déliés d'argent mat. Un mouvement d'horlogerie lui
» donne la vitesse continue et régulière de dix tours par
» seconde de temps, ou d'un tour entier par dixième de
» seconde. Je me place en observation entre la roue et les
» nuées orageuses, de manière cependant à ne pas empêcher
» la lumière des éclairs d'arriver librement à la roue tour-
» nante; cette roue je ne l'aperçois pas ordinairement,
» puisque, par hypothèse, tout est dans l'obscurité : un
» éclair se montre; à cet instant, la roue est éclairée; je dois
» donc la voir, et je la vois en effet, mais dans des conditions
» différentes, suivant la durée de l'éclair. L'éclair n'a-t-il
» duré que pendant un temps *infiniment court*, la roue se
» sera montrée, durant un dixième de seconde, comme cent
» rais lumineux immobiles et de la largeur apparente des
» rais véritables. L'éclair a-t-il duré *un millième* de seconde
» plein, la roue aura semblé être *un cercle de lumière du centre
» à la circonférence*. A des durées de l'éclair d'un *demi-millième
» de seconde, d'un tiers, d'un quart, et d'un cinquième*, corres-
» pondront des apparences circulaires où il y aura respective-
» ment *un demi, deux tiers, trois quarts, quatre cinquièmes de
» la surface totale du cercle* complétement privés de lumière.

» En faisant la roue tournante de plus en plus grande, l'é-
» chelle superficielle des mesures deviendra tout aussi
» étendue, tout aussi appréciable qu'on le désirera. Ajoutons
» qu'en variant la vitesse de rotation, on peut même se sous-
» traire à la nécessité *d'évaluer à l'œil* le rapport de la partie
» éclairée à la partie obscure; qu'on peut tout réduire à la
» détermination de la vitesse sous laquelle le cercle paraît
» entièrement éclairé. Si une vitesse de la roue d'un dixième
» de seconde par tour, ne donne pas lieu à un cercle *continu*
» de lumière, on augmente graduellement cette vitesse, de
» manière qu'enfin le cercle continu apparaisse. Si cet effet
» ne commence à se réaliser qu'au moment où la vitesse de

» la roue est d'un tour par *un demi ou par un tiers de dixième* » *de seconde*, ce sera la preuve que l'éclair n'aura eu qu'une » durée *d'un demi ou d'un tiers de millième de seconde*, et ainsi » de même pour tous les nombres qu'on pourra trouver. Or, » disons qu'après avoir multiplié autant que possible les rais » de la roue; qu'après avoir eu recours aux plus grandes » vitesses qu'on puisse déduire avec sûreté et uniformité de » l'emploi des engrenages, la roue tournante présentée dans » des temps d'orage, aux éclairs de la première et de la se- » conde classes, n'a jamais paru une surface continue : que ses » rais se voyaient aussi nettement, aussi distinctement que si » la roue était en repos, et qu'ils ne paraissaient nullement » élargis. Nous restons fort en deçà de la conséquence que » cette expérience autoriserait, en nous bornant à dire que » les éclairs les plus brillants, les plus étendus, de la première » et de la deuxième classes, même ceux qui paraissent déve- » lopper leurs feux sur toute l'étendue de l'horizon visible, » n'ont pas une durée égale à la *millième partie d'une seconde* » *de temps* ».

Vitesse. — M. Wheatstone a trouvé pour la propagation de l'électricité dans un bon conducteur, tel qu'un fil de cuivre, une vitesse de 288,000 milles (115,000 lieues) par seconde. Cette vitesse est supérieure d'1/3 à celle de la lumière dans les espaces planétaires. La vitesse de l'éclair dans l'atmosphère est sans doute plus grande que celle de l'électricité dans un fil de cuivre. Voir les expériences anciennes de Helvig (1), de Kaemtz (*Météréologie*); celles de M. Wheatstone (2); les expériences plus récentes de MM. Fizeau et Gounelle; de M. Guillemin, de M. Faraday.

Intervalle qui sépare le tonnerre de l'éclair. — La lumière traverse uniformément l'espace avec une vitesse de 80,000 lieues par seconde ou de 10 lieues par $\frac{1}{8.000}$ de seconde. Nous voyons donc l'éclair à l'instant même où il se produit, car 10 lieues surpassent bien certainement la hauteur à laquelle s'engendrent les orages. — La vitesse du son à la

(1) Gilb., *Ann.*, t. LI, p. 136.
(2) *Trans. phil.*, 2e part., p. 589 (1834).

température de + 10° centigrades est de 337 mètres par seconde.

Il suffira donc de multiplier par 337 le nombre de secondes comprises entre l'arrivée de l'éclair et celle du tonnerre, pour connaître la distance qui sépare l'observateur du point où l'éclair a brillé. En conséquence :

1 seconde répond à une distance de	337	mètres.
2" . . . indiquent une distance de	674	id.
3" . . . . . id. . . . . id	1011	id.
10" . . . . id. . . . . id	3370	id.

Les *battements du pouls* pourront être utilement consultés dans cette appréciation, si l'on se rappelle que le pouls est assez généralement accéléré et au-dessus de 60 pulsations par minute en temps d'orage.

Comme le fluide électrique marche plus vite que la lumière, l'homme n'a plus rien à redouter de grave de l'éclair linéaire ou diffus qu'il a vu. — Nous n'en disons pas autant de l'éclair en boule.

Éclairs linéaires. — Imitation par la machine électrique. — L'étincelle de la machine électrique est la miniature de l'éclair linéaire.

Lorsqu'on place une boule de cuivre vers le terme de la plus grande distance à laquelle l'étincelle puisse partir du conducteur de la machine, le fluide électrique *sort en jets* quelquefois *ramifiés*, ou bien en *zigzag*. A l'aide de la machine à plateau perfectionné par M. Steiner (1), on obtient des aigrettes qui ont jusqu'à 1 décimètre et plus de rayon, si l'on approche du conducteur de la machine un excitateur ne possédant qu'incomplétement la propriété conductrice, tel qu'un guéridon de bois verni, un cylindre de verre plus ou moins humide. Si l'on présente à quelque distance de la sphère qui communique avec une batterie chargée, *deux ou trois conducteurs* médiocres, très-rapprochés les uns des autres, l'étincelle s'échappe sous la forme d'un ruban unique ; mais arrivée près du triple conducteur, elle se divise en trois

(1) *Comptes rendus*, févr. 1852 ; *Arch. des sciences phys.*, t. XIX, p. 221.

rayons dont chacun va frapper un des conducteurs. Ou bien encore, qu'on tienne la main ouverte, à une certaine distance du conducteur de la machine, souvent alors elle sera frappée d'étincelles *ramifiées*. Nous aurons bientôt l'occasion de signaler quelques autres expériences où nous verrons l'étincelle de la machine présenter plusieurs des caractères de la foudre linéaire.

On ne réussit jamais mieux à tirer une étincelle en zigzag que lorsqu'on présente au bouton d'un conducteur chargé *positivement* un bouton beaucoup plus grand ; mais il faut au contraire en présenter un plus petit que celui du conducteur lorsque ce conducteur est électrisé *négativement*. On sait que du moins dans l'air atmosphérique, l'étincelle se porte toujours du corps électrisé positivement sur ceux qui le sont négativement. — Si, au bouton d'un conducteur chargé positivement, on oppose une surface étendue, les étincelles partent en zigzag. Si la surface est de peu d'étendue, les étincelles sortent en ligne droite (1).

Théorie de l'éclair linéaire. — Quelle est la cause de la lumière de l'éclair linéaire ?

Quelques auteurs admettent qu'elle est le résultat de la compression de l'air ; c'est ainsi que la compression de l'air dégage de la lumière dans *le briquet pneumatique*.

Sénèque (2) dit : « Le feu sur la terre naît de deux façons : » d'abord par la percussion, comme quand on le fait jaillir de » la pierre ; ensuite, par le frottement tel que celui qui s'o- » père par deux morceaux de bois..... Il peut donc se faire » que les nuages s'enflamment de même, ou par percussion » ou par frottement. Voyez avec quelle force s'élancent les » tempêtes, avec quelle impétuosité roulent les tourbillons ! » tout ce qu'ils trouvent sur leur passage est fracassé, em- » porté, dispersé au loin. Faut-il s'étonner qu'avec une » telle force, ils fassent jaillir du feu ou des matières étran- » gères ou de leur propre substance ? »

Quant aux *formes* et aux *divisions* de l'éclair linéaire, nous

(1) Schweiger, *Journ. de phys. de Rozier*, 85, p. 394.
(2) *Quæst. nat.*, lib. II, § 22.

devons nous demander si l'éclair linéaire est en réalité ce qu'il nous paraît être, si l'illusion optique ne joue aucun rôle dans la forme sous laquelle il nous apparaît.

L'éclair linéaire représente peut-être toujours *une boule de feu*, son mouvement rapide nous la fait apparaître sous la forme d'une ligne.

Kaemtz dit que l'éclair en zigzag a probablement la forme d'une hélice dont la projection nous semble une ligne brisée.

M. Faraday (1) dit que les éclairs linéaires et leurs diverses formes ne sont en réalité que le bord irrégulier, bien défini et subitement illuminé d'un nuage plus ou moins sombre et épais derrière lequel s'effectue la véritable décharge électrique. La ligne qui circonscrit le nuage est alors si brillante, si nette et si soudaine que chacun croit que c'est la foudre elle-même. Si la ligne est plus brillante à sa partie supérieure, on croit voir un éclair ascendant. L'éclair recourbé ou rétrograde et l'éclair fourchu ne seraient ainsi que le résultat de l'illumination instantanée des bords des nuages. L'éclair qui a une certaine durée ne serait qu'une succession de deux ou trois éclairs qui se succéderaient avec rapidité à la même place, et illumineraient la même bordure du nuage.

Bien que M. Faraday affirme avoir vérifié bien des fois son opinion, nous ne pouvons nous empêcher de faire remarquer que les bords des nuages sont presque toujours curvilignes, et qu'il n'est guère possible d'admettre une pareille explication pour des éclairs parfaitement droits ou en zigzag formés de brisures rectilignes. D'ailleurs on a vu l'éclair rectiligne ou en zigzag atteindre directement le sol.

Logan a admis que les éclairs en zigzag étaient le résultat des *réfractions irrégulières* que les vapeurs atmosphériques et les nuages font subir aux rayons lumineux (2).

Pour expliquer les éclairs linéaires et leurs différentes formes, les auteurs qui ont traité ce sujet ont émis diverses théories que nous allons très-succinctement exposer.

(1) *Philos. mag.*, t. XIX, p. 105 (1841).
(2) *Philos. trans.* t. XXXIX, p. 240 (1735).

1. — L'abbé Raillard (1) dit que la forme brisée de l'éclair linéaire tient aux accidents du sol au-dessus duquel elle éclate ; mais alors comment l'expliquer quand il s'agit de grandes plaines unies, ou mieux encore de l'Océan ?

2. — M. Saigey (*Petite physique du globe*) a considéré l'éclair en zigzag comme pouvant être le résultat non pas d'une seule étincelle, mais bien d'une série d'étincelles dont la première provoquerait toutes les autres. En effet, dit l'auteur de cette théorie, les nuages et les diverses couches atmosphériques étant en équilibre, dès que l'équilibre se rompra dans un point, un nouvel équilibre se rétablira bientôt par une série *de décharges par cascades*. Il y aurait alors autant d'éclairs et d'étincelles qu'il y a de parties en zigzag ; on comprendrait alors comment l'éclair en zigzag dans la région des nuages deviendrait rectiligne en les quittant.

Aujourd'hui il paraît démontré que les zigzags sont dus à l'inégale facilité que l'étincelle foudroyante éprouve à suivre telle ou telle direction : mais ici deux théories se présentent :

3. — La résistance que l'air comprimé oppose au mouvement du fluide électrique est la cause des zigzags. Cette explication avait été donnée en 1751 par Baudoin (2) dans une lettre écrite à Franklin ; c'est aussi celle d'Helvig (3) ; celle de M. Peltier est la plus généralement admise. L'étincelle refoule rapidement l'air atmosphérique d'ailleurs peu conducteur, et d'autant plus fortement que sa vitesse est plus grande. Quand cette résistance est devenue très-considérable, l'étincelle semble forcée de se réfléchir suivant une autre direction, et change ainsi de direction à plusieurs reprises. Plus l'air est sec, plus il oppose de résistance, plus aussi il y a de zigzags, plus les divisions de l'étincelle sont nombreuses.

4. — Une dernière théorie attribue les déviations de

(1) *Comptes rendus*, août 1838, et *l'Institut*, t. VI, p. 254.
(2) Sigaud de la Fond, *Phénom. élect.*, p. 312.
(3) Gilb., *Ann.*, t. LI, p. 139.

l'étincelle à la conductibilité inégale de l'atmosphère, due à l'inégale répartition de l'humidité. Telle est la théorie de Parrot (1).

La théorie de M. du Moncel s'en rapproche beaucoup, nous allons l'exposer presque dans tous ses détails.

La théorie des éclairs linéaires gît dans la démonstration des six propositions suivantes :

a. — Si l'on suppose entre deux points électrisés qui doivent produire la décharge un corps de conductibilité inférieure (conducteur secondaire), l'étincelle se trouve considérablement allongée, et par conséquent la décharge se produit à plus grande distance et plus facilement.

L'air sec est isolant, mais s'il est très-raréfié, s'il contient des poussières métalliques, des liquides très-divisés... etc., il devient conducteur secondaire, mais pas assez bon conducteur pour contenir le fluide électrique entièrement; aussi en traversant cet air d'une insuffisante conductibilité, il y a déflagration et production de lumière.

b. — Si une décharge électrique s'opère au milieu ou même dans le voisinage d'un conducteur secondaire, elle passe à travers ce conducteur. Que l'on provoque, par exemple, la décharge électrique de deux conducteurs de la machine à une petite distance de la flamme d'une bougie, on voit le jet électrique se recourber pour passer par la flamme, qui est, dans ce cas, le conducteur secondaire par suite de la dilatation extrême de l'air dans l'espace qu'elle occupe.

c. — Quand le conducteur secondaire interposé entre les deux points électrisés est homogène, l'étincelle est droite; mais elle est au contraire en zigzag quand le conducteur secondaire n'est pas homogène.

Dans le premier cas, rien ne favorisant d'une manière particulière l'action électrique, c'est la ligne droite que les étincelles doivent suivre.

Mais si le conducteur n'est pas homogène, l'électricité suivra de préférence les particules matérielles dont la posi-

(1) *Théor. phys.*, t. III, p. 462. — Gehl, v. I, p. 999.

tion et l'agrégation lui fournissent le moins de résistance possible. Or, comme les particules, dans de pareilles conditions, sont loin de se trouver sur la même ligne droite, il s'ensuit forcément que l'étincelle doit prendre un chemin plus ou moins sinueux. D'un autre côté, comme plusieurs combinaisons différentes de ces particules peuvent répondre à la même résistance, il doit arriver que l'étincelle se divise, se ramifie et présente plusieurs sillons de feu plus ou moins sinueux. — Lorsque le conducteur non homogène présente, dans quelques-unes des parties parcourues par l'étincelle, des agrégations considérables de particules conductrices, et qu'il devient, en ces endroits, bon conducteur, l'étincelle présente des solutions de continuité d'autant plus grandes que les parties elles-mêmes devenues conductrices sont plus étendues.

d. — L'eau, à l'état de division et la vapeur condensée sont des conducteurs secondaires.

Mettez, par exemple, dit M. du Moncel, une goutte d'eau sur une planche vernie et étalez-la avec le doigt de tous côtés jusqu'à ce qu'elle ne forme plus qu'une couche très-mince et très-divisée par le vernis, l'étincelle s'échangera au travers et changera de couleur suivant que la couche d'eau sera plus ou moins épaisse.

Dans le premier cas, elle sera violette, interrompue et terminée le plus souvent par une *boule de feu rouge*. Dans le second, elle sera d'une blancheur éblouissante et quelquefois bleuâtre. — Avec ce genre de conducteurs secondaires, les ramifications de l'étincelle sont très-nombreuses ; elles se tracent, pour ainsi dire, un chemin liquide, continu, que l'on trouve aisément après chaque étincelle, et qu'elles suivent jusqu'à ce que les conditions physiques des parties avoisinantes aient changé ou se soient modifiées par l'évaporation.

La vapeur d'eau condensée à l'état vésiculaire, comme elle l'est dans les nuages, doit évidemment jouer un rôle analogue pour l'électricité développée à très-haute tension et en grande quantité.

5. — Une décharge électrique, ou plutôt l'influence élec-

trique, avant la décharge, réagit extérieurement en donnant lieu à des phénomènes d'attraction et de répulsion dont la nature varie suivant les circonstances.

Le mouvement d'attraction varie suivant que les corps influencés, que l'on suppose très-légers, par rapport à l'effet électrique, sont plus ou moins bons conducteurs de l'électricité. Avec les conducteurs secondaires, tels que la limaille métallique, l'eau très-divisée, la réaction par influence a pour effet de réunir ensemble les divers grains métalliques ou les très-petites gouttelettes d'eau qui sont dans le voisinage du chemin que doit parcourir l'étincelle, de manière à constituer un conducteur le plus continu possible. Ainsi l'étincelle échangée à travers un conducteur secondaire liquide se crée un chemin continu qu'elle suit tant que les conditions de ce conducteur restent les mêmes. Quand les corps influencés sont moins bons conducteurs, ils se trouvent d'abord attirés, puis ensuite rejetés sur le côté, à une distance plus ou moins grande, suivant la force électrique. C'est ce que l'on constate quand on fait agir le courant de la machine de Ruhmkorff sur de la poussière de charbon, ou de la cendre, ou même de la poussière ordinaire.

e. — La pluie et la vapeur d'eau condensée dans les nuages servent de conducteurs secondaires à l'électricité atmosphérique et c'est à cela que sont dus : 1° la longueur énorme des éclairs ; 2° leurs zigzags et leurs déviations ; 3° certains phénomènes de transport dont sont presque toujours accompagnées les décharges électriques atmosphériques ; 4° la couleur différente des éclairs ; 5° les courants électriques atmosphériques étudiés par M. Quételet.

Si l'on considère, dit M. du Moncel, que la distance des nuages orageux à la terre est au minimum de 1,900 à 3,000 mètres environ, d'après Kaemtz, on a peine à comprendre qu'une décharge électrique puisse s'effectuer directement entre deux éléments aussi éloignés, et on se demande s'il n'existe pas alors une cause indirecte qui facilite la décharge. Cette cause existe en effet, et c'est précisément la vapeur d'eau condensée et la pluie qui existent toujours dans l'atmosphère au moment des orages. Elles forment alors un

conducteur secondaire entre les deux foyers d'électricité, et allongent considérablement l'éclair. Quant aux diverses formes d'éclairs linéaires, on s'assurera, ajoute M. du Moncel, qu'ils doivent être en zigzag quand la vapeur d'eau condensée ou la pluie qu'ils traversent ne présente pas un ensemble homogène, comme cela arrive principalement dans la région des nuages où la vapeur est inégalement condensée.

On trouvera qu'ils doivent au contraire être *droits* quand le milieu conducteur est homogène ; c'est ce qui a lieu, en général, dans le voisinage du sol, car la pluie se trouve alors tellement divisée par l'air, qu'elle représente un conducteur secondaire à peu près homogène. On déduira leurs *interruptions* de la trop bonne conductibilité de cette partie du conducteur inférieur qu'ils traversent, et leurs *bifurcations* de l'égalité de conductibilité apportée à la transmission électrique par deux ou plusieurs parties différentes du conducteur secondaire. On a vu que dans sa circulation à travers les particules d'eau très-divisée, l'étincelle électrique se créait un chemin liquide continu qui était suivi par les étincelles subséquentes, jusqu'à ce que les conditions physiques du conducteur secondaire eussent changé. Pareil phénomène se reproduit quelquefois avec les éclairs atmosphériques, comme nous l'avons noté. — Enfin, quant à la *couleur des éclairs* qui varie depuis le violet jusqu'au bleu et au blanc le plus brillant, M. du Moncel admet que plus le conducteur inférieur est divisé, plus les éclairs (pour une distance donnée) présentent de blancheur dans leur aspect. Plus, au contraire, la condensation est abondante et subite, plus les éclairs prennent un aspect violet. Il va sans dire, ajoute-t-il, que leur distance et leur hauteur dans l'air influent beaucoup sur cette différence de couleur ; car l'étincelle échangée dans le vide est complétement violacée.

On a objecté à cette théorie que les étincelles de nos machines ont souvent la forme de zigzags, bien qu'il n'y ait pas possibilité d'admettre sur leurs parcours des couches alternativement plus sèches et plus humides. M. du Moncel attribue ces zigzags aux poussières répandues dans l'air ;

c'est pourquoi, dans l'œuf électrique, dans lequel on a fait un vide suffisant pour que cette poussière soit abattue, le jet de feu est parfaitement droit, surtout s'il s'échappe de deux pointes métalliques. D'un autre côté, il suffit d'agiter un torchon rempli de craie dans le voisinage des décharges électriques pour voir multiplier considérablement les zigzags.

Pour notre part, nous pensons que la résistance de l'air et l'inégale conductibilité des couches atmosphériques sont la cause des zigzags de l'éclair linéaire, sans qu'il nous soit possible d'en donner une démonstration rigoureuse.

Éclairs à large étendue. — *Éclair marginal.* Nous donnons le nom d'*éclair marginal* à une manifestation lumineuse décrite par Peltier en ces termes (1) : « Ce sont des lisérés de feu qui apparaissent tout à coup au bord des nuages *dont ils ne se séparent pas.* Ces nuages paraissent alors limités par un long sillon de feu, éblouissant de lumière. De ces lisérés lumineux s'échappent des millions de rayons très-déliés et phosphorescents se dirigeant vers une autre nuée ou vers le sol humide, placé au-dessous, d'où l'on voit s'élever une vapeur continuelle. L'éclat de leur lumière n'est pas toujours le même. On y distingue des ondulations qui donnent à ces liserés lumineux l'aspect d'un ruisseau de feu agité par les vents et dont les ondes altèrent l'uniformité de la lumière. Il n'est pas rare de voir des nuages orageux, ainsi limités par un sillon de feu, s'étendre à plusieurs kilomètres. Lorsque des nuages interceptent leur vue, on ne voit plus qu'une longue illumination réfléchie qui apparaît et s'éteint tout à coup ; ce sont les éclairs les plus ordinaires, parce que ces phénomènes se passent aussi le plus ordinairement entre les nuées du groupe orageux. Cette première classe se lie en plusieurs points avec la deuxième espèce d'éclairs de la division de M. Arago.

Théorie. L'éclair marginal a lieu le long des nuées orageuses lorsque le nuage en regard qui reçoit ces décharges n'est pas suffisamment conducteur pour donner un libre

(1) *Dict. univ. d'hist. nat.*, par d'Orbigny, t. V, p. 687.

écoulement instantané à ces masses d'électricité. L'électricité du nuage accumulée sur les bords ne peut donc se décharger toute à la fois, ni se décharger sur un seul point de ce conducteur insuffisant; elle ne peut que s'écouler par des milliers de rayonnements partiels partant le long du bord et non par un sillon unique. Cependant l'abondant écoulement électrique qui existe sur un long espace aurait bientôt déchargé le liseré lumineux si le reste de l'électricité périphérique n'abondait pas rapidement dans la même proportion.

Cette forme d'éclair n'est pas admise par les météorologistes; en effet, on peut le considérer comme l'illumination vive et subite du bord du nuage par l'éclair qui est derrière lui.

Éclair diffus. — L'éclair diffus est cette lumière qui, sans point de départ perceptible et sans contours arrêtés, illumine subitement une grande partie de l'horizon. Ces éclairs sont beaucoup plus communs que les éclairs linéaires dont ils n'ont pas l'extrême vivacité. Ils sont blancs, bleuâtres, violacés, et parfois d'un rouge intense.

Quelques auteurs du siècle dernier les ont attribués à la combinaison instantanée et dans une grande étendue de l'hydrogène et de l'oxygène de l'atmosphère et des nuages, combinaison qui serait accompagnée de lumière et produirait des ondées de pluie. Pour d'autres observateurs, les éclairs diffus ne sont que l'illumination superficielle et plus ou moins profonde des nuages par l'éclair ordinaire qui brille derrière ce vaste rideau. Le sillon est caché par un rideau de nuages et diffusé par la pluie.

Éclairs sans tonnerre. — Les éclairs sans tonnerre sont diffus ou linéaires, ils se montrent dans trois circonstances différentes : 1° le ciel est pur et serein ; 2° il est uniformément couvert; 3° il est obscurci par des nuages orageux.

1° *Éclairs sans tonnerre par un ciel serein.* — On les nomme généralement *éclairs de chaleur* ; en Suède, on leur donne le nom de kronblick (éclairs de l'orge), parce que d'ordinaire

ils brillent au mois d'août, quand l'orge commence à mûrir. C'est par une belle nuit d'été que l'on voit une vaste étendue du ciel subitement illuminée, d'une lumière intermittente, variable en intensité et généralement blanche. Cette lumière est concentrée dans le voisinage de l'horizon ; d'autres fois, elle s'élève jusqu'au zénith, et même elle occupe toute la surface céleste. Ces éclairs sont fréquents entre les tropiques. Jos. Bladh dit avoir souvent observé les éclairs qui apparaissent presque chaque nuit sur les côtes basses de l'île de Sumatra.

On a pensé que ces éclairs de chaleur n'étaient que des éclairs réfléchis. « Dans un ciel illuminé, dit Sénèque (1), et » par la nuit la plus calme, ne voit-on pas quelquefois des » éclairs ? Oui, mais soyez sûr qu'un nuage se trouve au » point d'où part l'éclair, nuage que la forme sphérique de » la terre ne nous laisse point apercevoir. »

Bien des auteurs modernes ont adopté cette opinion; parfois, en effet, on voit dans la région d'où partent les éclairs une bande horizontale de nuages tellement basse que son bord supérieur n'est visible qu'au moment où il est illuminé par des éclairs.

Dans quelques cas, soit que l'on ait observé en plaine ou sur le sommet des montagnes, on n'aperçoit aucun nuage à l'horizon, mais on apprend plus tard qu'un violent orage a éclaté dans la direction des éclairs, et que c'est à lui, par conséquent, qu'il faut les attribuer.

Des observations directes ont bien souvent démontré l'exactitude de ces assertions (2).

M. Duperrey rapporte que se trouvant en mer, à 30 lieues environ de Lima, il vit des éclairs très-brillants dans l'est et le nord-est au terme de l'horizon. Le vent était au S. S.-E., le temps magnifique et le ciel d'une pureté parfaite. Le tonnerre ne se faisait point entendre; on sait, en effet, qu'il ne tonne jamais sur les côtes du bas Pérou; mais don Ant. Ulloa dit qu'il n'en est plus ainsi à 30 lieues dans l'intérieur de cette contrée. Il est donc permis d'admettre que les

(1) *Quæst. nat.*, lib. II, § 26.
(2) De Saussure. — Kaemtz. — Howard. *Tab.* LXXXIII (1813).

éclairs que l'on apercevait sur *la Coquille* avaient pris naissance au milieu des nuages orageux situés à 60 lieues de distance.

Cette illumination du ciel à de grandes distances est justifiée d'ailleurs par les expériences suivantes :

En 1803, M. de Zach faisait donner des signaux au mont Brocken du Hartz pour déterminer des différences de longitudes. Des observateurs placés sur la montagne de Kenlenberg, à plus de 60 lieues de distance, apercevaient la lumière de 180 à 220 grammes de poudre que l'on brûlait chaque fois à l'air libre, quoique le Brocken, à cause de la rondeur de la terre, ne soit pas visible de Kenlenberg.

Arago ajoute : Lorsqu'on tire à Paris le canon de la batterie basse des Invalides, un observateur placé dans les allées du Luxembourg voisines de la rue d'Enfer (aujourd'hui considérablement surélevées), d'où l'on ne voit ni les divers étages du bâtiment, ni même la flèche si élevée de son dôme, aperçoit dans l'air, au moment de chaque décharge, une lueur qui s'étend jusqu'au zénith et au delà.

S'il nous paraît prouvé que la plupart des *éclairs de chaleur* sont dus à des orages éloignés, quand le ciel, sur tous les points de l'horizon, est couvert d'éclairs de chaleur pendant toute une nuit, peut-on admettre que tous ces points soient le siége d'orages éloignés, et que le centre de tous ces orages reste seul préservé? Il faut sans aucun doute admettre que le ciel peut se couvrir d'éclairs sans qu'aucun orage existe même à de grandes distances. M. d'Abbadie a vu en Ethiopie des nuages à éclairs si peu denses qu'il pouvait voir les étoiles à travers.

Le 26 août 1823, entre 9 et 11 heures du soir, le ciel étant serein, on vit sur plusieurs points du Wurtemberg des éclairs sans traces d'orage sur une surface de 4 milles carrés. L'atmosphère ne semblait même nullement disposée à l'orage; mais le thermomètre avait atteint à Stuttgart 28° Réaumur (1).

Pour s'assurer si ces éclairs sont réfléchis ou non, M. Arago se sert d'un instrument qu'il décrit en ces termes :

(1) Schübler, *J. für chem. und phys.*, t. II.

« Cet instrument consiste simplement en un tuyau de 3 à 4 décimètres de long ; il porte à celle de ses extrémités qui doit être tournée vers les éclairs un bouchon percé d'une ouverture circulaire de quelques millimètres de diamètre. Cette ouverture est couverte d'une plaque de cristal de roche à faces parallèles de 5 à 6 millimètres d'épaisseur, taillée perpendiculairement aux arêtes du prisme hexaèdre du cristal naturel. A l'autre extrémité du tuyau, à celle où s'applique l'œil, existe un prisme de carbonate de chaux, de quartz ou de tout autre cristal doué de la double réfraction. Ce prisme est achromatisé. Et maintenant que des éclairs, dits de chaleur, illuminent le ciel pendant la nuit, on regarde à travers l'instrument la région où le phénomène se manifeste, et quand l'éclair brille, on voit aussitôt deux disques brillants : les deux disques sont-ils blancs ou plutôt sont-ils l'un et l'autre de la teinte de l'éclair ? Concluez en avec certitude, dit M. Arago, qu'on a observé de la lumière directe, qu'elle n'est pas arrivée à l'œil par voie de réverbération, que l'éclair a pris naissance dans la position d'atmosphère située au-dessus de l'horizon. Les deux disques, au contraire, se montrent-ils colorés? C'est une preuve que la lumière dont les cristaux renfermés dans le tuyau font une sorte d'analyse est de la lumière réfléchie, qu'elle provient d'éclairs engendrés au-dessous de l'horizon visible. En mesurant l'intensité de la coloration des disques, on arriverait sans trop de difficulté à décider quelle région atmosphérique occupent ces derniers éclairs. »

2° *Éclairs sans tonnerre par un temps couvert.* — L'abbé de La Caille, pendant deux années et demie passées (1751-53) au cap de Bonne-Espérance, n'a jamais vu d'éclairs à l'horizon par un temps chaud et serein, comme on en voit en Europe, mais il a vu de *grands éclairs sans tonnerre*, par un temps couvert, le 24 janvier 1752, le 22 février, le 2 et le 4 mai suivant.

Les éclairs par un temps couvert sont très-communs aux Antilles. Dorta, dans ses observations météorologiques faites à Rio-Janeiro, signale :

En 1783 — 24 jours d'éclairs sans tonnerre.

En 1784 — 48 jours d'éclairs sans tonnerre.
En 1785 — 47 idem (1).
En 1787 — 51 idem.

Le journal météorologique, tenu en 1816 à Patna, dans l'Inde (latitude 25° 37' nord), par M. Lind, porte soixante-treize jours d'éclairs sans tonnerre.

3° *Éclairs sans tonnerre par un ciel orageux.* — Les éclairs sans tonnerre qui jaillissent de *nuages orageux* sont diffus ou linéaires, et sont observés dans des circonstances diverses qu'il faut observer avec soin.

Tantôt on voit briller à l'horizon des éclairs diffus ou des éclairs linéaires et en zigzag évidemment trop éloignés pour que le bruit dont ils sont accompagnés sans doute puisse arriver jusqu'à nous. Ce cas est très-fréquent et ne mérite pas un plus long examen. Rappelons seulement que le bruit du tonnerre s'éteint rapidement.

D'autres fois les nuages d'où partent les éclairs paraissent assez rapprochés pour qu'il soit sinon démontré, du moins très-probable que la distance n'empêche pas le bruit d'arriver à nos oreilles. Nous plaçons ici quelques observations qui, faute de détails suffisants, nous laissent dans le doute sur leur valeur relativement à la question que nous étudions,

Citons d'abord le témoignage de Lucrèce : « L'éclair part, » dit-il, sans que de noires alarmes ni le moindre retentisse- » ment, ni aucun tumulte l'accompagnent. »

. . . . . *Tum sine tetro terrore et sonitu fulgit, nulloque tumultu.* (De Natur. rer., lib. VI.)

Lozeran de Fesc, dans sa dissertation sur le tonnerre, parle des éclairs extrêmement vifs qui, pendant certains orages, s'élancent des nuages dans tous les sens et presque sans interruption, sans donner lieu à aucun bruit appréciable.

Deluc le jeune cite un orage dans lequel il vit au zénith des éclairs nombreux, après lesquels il n'entendait rien. Or il y a des nuages orageux qui sont à plus de 8 kilomètres de hauteur ; on conçoit que le son, obligé de subir des

(1) *Mém. de l'Académie de Lisbonne.*

réflexions successives sur des couches d'air de plus en plus denses, s'affaiblisse au point d'être imperceptible. Deluc dit même que quelques-uns de ces éclairs donnaient un bruit très-faible et que l'un d'eux fit seul entendre un bruit un peu violent, ce qui fait penser qu'il partait d'un nuage plus rapproché. (Daguin.)

M. Poey dit que les éclairs sans tonnerre sont un phénomène des plus communs que l'on puisse observer dans les régions équinoxiales. Chavalon a publié une relation d'éclairs sans tonnerre observés à la Martinique de juillet à novembre 1751.

M. Poey, sans nier l'existence des éclairs réfléchis, dit que les éclairs sans tonnerre qu'il a observés à la Havane ont eu rarement cette origine, puisque l'horizon était pur de nuages et qu'il en était de même des parties du ciel qui atteignaient une hauteur de 20 à 25 degrés.

Éclairs sans tonnerre observés à la Havane, au sein des cumulo-stratus isolés de l'horizon, du 15 juillet 1850 au 11 juillet 1851, et pendant l'année 1859.

Mois.		Jours d'éclairs.	Mois.		Jours d'éclairs.
Juillet 1850	depuis le 15...	9	Janvier 1851	.....	2
Août	— ...	22	Février	—	1
Septembre	— ...	26	Mars	—	0
Octobre	— ...	9	Avril	—	1
Novembre	— ...	0	Mai	—	6
Décembre	— ...	1	Juin	—	13
			Juillet	— jusqu'au 11....	4

En tout 94 éclairs sans tonnerre (1).

Mois.		Jours d'éclairs.	Mois.		Jours d'éclairs.
Janvier 1859	....	1	Juillet	.....	22
Février	—	3	Août	.....	26
Mars	—	1	Septembre	.....	26
Avril	—	2	Octobre	.....	24
Mai	—	19	Novembre	.....	8
Juin	—	25	Décembre	.....	2

En tout 160 éclairs sans tonnerre observés en 1859 (2).

Le docteur Reichenbach en Allemagne, M. d'Abbadie en

(1) Voir *Comptes rendus*, t. XLI, p. 75.
(2) *Cosmos*, t. XVI, p. 413 (1860).

Éthiopie, John Dalton en Angleterre (1) ont vu tout l'horizon couvert d'éclairs sans que le tonnerre se fît entendre.

Mais bien des fois aussi on a vu des éclairs linéaires ou diffus partir de nuages évidemment rapprochés sans qu'aucune détonation, aucun roulement les accompagnât.

Th. Bergman rapporte que le 19 décembre 1759, à Upsal, la veille d'un violent tremblement de terre, on vit entre 7 et 8 heures du soir, et à plusieurs reprises, de très-vifs éclairs sans tonnerre : le ciel était couvert de nuages et les éclairs diffus (2).

Le capitaine Rozet a vu aussi de nombreuses décharges électriques se produire sans bruit pendant un orage sur les bords de la Garonne, le 8 août 1848 (3).

Des exemples d'éclairs linéaires partant non loin des observateurs sans accompagnement de tonnerre ont été bien des fois observés (4).

Arago a enregistré une observation d'une *trombe* accompagnée *d'éclairs en zigzag silencieux ;* la voici : Le 4 juin 1814, M. Griswold se trouva à 400 mètres environ d'un de ces météores, sur le territoire des Illinois. Des éclairs presque continus et d'un éclat incomparable descendaient des nuages vers la terre, à une petite distance de la surface extérieure de la trombe, ou peut-être même le long de cette surface. Cependant on n'entendait aucune détonation.

Ces éclairs sans tonnerre s'observent probablement plus fréquemment dans les contrées méridionales ; je les ai souvent remarqués dans la vallée de la Saône. Dans quelques cas le bruit que fait la pluie en tombant masque sans doute le bruit du tonnerre.

« M. Phipson pense que les éclairs en lames sont dus à la » neutralisation des fluides électriques entre deux nuages » plus ou moins éloignés l'un de l'autre, ou bien entre un

(1) *Météorolog. observ. and essays.*
(2) *Schw. Abhandl.*, t. XXII, p. 62 (1760).
(3) *Comptes rendus*, t. XXVII, p. 647.
(4) *Pogg. Ann.*, t. XLVIII, p. 375 ; t. XLIII, p 531. *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Bruxelles*, 9 octobre 1841. *Mém. de la soc. des sciences agr. et des arts de Lille*, 3e part., p. 67, 1838. *Mém. de l'Acad. de Toulouse*, 3e série, t. VI, p. 349.

» nuage et la terre. La couche d'air ébranlée par le passage » de l'étincelle produit le bruit du tonnerre, et ce phéno- » mène correspond à ce qui se passe en petit lorsqu'on ap- » proche sa main à quelques centimètres d'une machine » électrique en activité. Les éclairs en lames, au contraire, » ne se produisent que lorsque les deux nuages sont à » proximité l'un de l'autre (il y a alors production de lumière » sur un plus grand espace au moyen de la réflexion). Jamais » ce phénomène n'a lieu entre un nuage et la terre, et la » couche d'air traversée par les étincelles n'est pas assez » épaisse pour produire des vibrations qui arrivent jusqu'à » nous. Ce phénomène correspond, à son tour, à la lumière » électrique qu'on produit en frottant l'un contre l'autre deux » morceaux de quartzite.

» Mais si le vent s'élève et sépare les nuages qui jus- » qu'alors ne donnaient que des éclairs sans tonnerre, ces » nuages commencent à lancer aussitôt des éclairs en zigzag » accompagnés de bruit. C'est ce que j'ai eu l'occasion d'ob- » server sur la côte d'Ostende pendant l'été de 1854 (1). »

Tonnerre sans éclair. — Sénèque dit qu'il tonne quelquefois sans qu'aucun éclair apparaisse (2). Th. Bergman regarde cette assertion comme parfaitement prouvée pour lui.

Arago lui-même a recueilli quelques observations pour y ajouter foi. En octobre 1751, Thibault de Chanvalon écrivait, à la Martinique, dans son registre d'observations météorologiques : « De huit jours qu'il a tonné pendant ce mois, il y en » a eu deux sans éclair. » — En novembre, on lit : « Ton- » nerre un seul jour, trois coups un peu forts, mais sans » éclair. »

Le 19 mars 1768, près de Cosseir, sur la mer Rouge, un violent coup de tonnerre jeta l'épouvante parmi les matelots de la petite barque qui portait le voyageur James Bruce : ce coup de tonnerre n'avait été précédé d'aucun éclair.

On peut objecter à ces observations peu détaillées que

(1) *Comptes rendus*, t. XLIV, p. 784 (1857).
(2) *Quæst. nat.*, lib. II, § 18.

l'éclair a été diffus, masqué par la lumière du jour ou par l'éclat du soleil, si les nuées n'occupaient qu'un espace très-limité de l'horizon. D'ailleurs, deux couches de nuages peuvent se superposer et l'orage éclater dans la couche supérieure, l'éclair ne serait pas visible à cause de l'opacité du nuage inférieur.

Foudroiement sans détonation. — L'éclair sans tonnerre a été signalé bien des fois comme ayant donné la mort à l'homme, mais les faits que nous avons réunis sont trop précis pour que nous puissions les rapporter ici. Quand nous étudierons le *choc en retour* et *la foudre ascendante*, nous aurons à signaler des cas de mort sans détonation.

Foudroiement sous un ciel serein. — La foudre frappe-t-elle jamais la terre lorsque le ciel est serein? Citons les observations que nous avons pu réunir sur ce point très-important de l'histoire du météore.

A. — Dans ce premier groupe nous trouvons quelques observations qui paraissent se rapporter *à la foudre proprement dite*. Elles sont loin, comme on va le voir, d'être de valeur égale.

1° Parmi les prodiges qui signalèrent le temps de la conspiration de Catilina, dit Pline (1), on vit Herennius, décurion, du municipe de Pompéia, frappé de la foudre par un temps serein.

2° Prescentius rapporte qu'un jour, vers midi, par un ciel serein, près de l'île de Procida, la foudre tomba sur la galère à trois rangs de rames, *la Sainte-Lucie*, où dînait le cardinal d'Aragon; elle détruisit plusieurs parties du gréement, tua trois forçats et endommagea deux autres galères. Ne s'agirait-il pas plutôt ici d'un aérolithe?

3° Scheuchzer cite un coup de foudre qui, le 14 juin 1720, à Hundweilen, tua deux femmes dans les champs : « Le coup » fut inattendu, le ciel était clair et le soleil brillait » (2).

4° Le même auteur rapporte qu'à Berne une jeune fille et

(1) *Hist. nat.*, lib. II, § 3.
(2) *Bresl., Samml.* p. 654, juin 1720.

trois maisons furent frappées de la foudre sous un ciel serein (1).

5° Suivant l'abbé Richard (2), le 11 janvier 1770, vers neuf heures du soir, l'air étant froid et le ciel très-serein, on aperçut à Bockeim (comté de Hanau) un éclair très-vif, et la foudre, sans être accompagnée d'aucune explosion, tomba sur deux cheminées et y mit le feu. Il parut alors une fumée très-épaisse qui répandit au loin une odeur de soufre; le feu s'éteignit de lui-même presque aussitôt qu'il se fut développé.

6° Au rapport de Toaldo, l'année du tremblement de terre de la Calabre, des orages affreux, accompagnés d'une pluie de foudres, épouvantèrent les populations du nord de l'Italie. La foudre éclata souvent aussi sous un ciel serein (3).

7° Et, suivant Van Mons, on a vu la foudre descendre sur terre, sans que l'apparition d'aucun nuage annonçât l'existence d'un orage. Cependant, après cette explosion de la foudre, l'atmosphère se couvrait de nuages et il se formait un orage ordinaire. Le bruit qui accompagne un semblable éclair est court et aigu.

Nous croyons devoir insérer ici trois autres relations où nous voyons la foudre frapper la terre sous un ciel, non pas, il est vrai, parfaitement serein, mais *peu couvert* et d'ailleurs nullement à l'orage.

8° « Après la mort de César, dit Suétone, on vit, par un ciel » pur et serein, un cercle semblable à l'arc-en-ciel entourer le » disque du soleil, et la foudre frapper le monument de Julie, » fille de César. » — M. Arago fait remarquer qu'aucun cercle semblable à l'arc-en-ciel, qu'aucun cercle, soit halo, soit simple couronne, ne se forme autour du soleil par un ciel pur et serein. Le temps était donc sans doute légèrement couvert.

9° Au rapport de Détharding, le 20 juin 1670, le temple de Stralsund fut, pendant le service divin, frappé d'un coup de foudre qui fut seul et partit d'un ciel assez beau et assez serein.

(1) Bergman, *De avert. fulm.*, 183.
(2) *Hist. de l'air*, t. IX.
(3) *Éphém. soc. météor. Palat.*, p. 574 (1783).

10° Enfin, vers les derniers jours du mois de juin 1854, sur la bruyère dite le Brock, près de Bois-le-Duc, le garde-chasse se trouvait en compagnie d'un paysan et d'un garçon de douze ans, lorsque tout à coup, le ciel étant couvert, mais sans le moindre signe d'orage, le paysan tomba roide mort, frappé par un coup de foudre. Le fluide électrique avait renversé et brûlé le garde-chasse dont les blessures étaient graves. Le jeune homme n'avait rien éprouvé.

B. — D'autres fois, ce n'est plus la foudre linéaire, c'est un météore d'apparence différente, une colonne de feu en serpenteau, par exemple, qui foudroie les corps terrestres sous un ciel serein.

1° Dans la *Vie de Charlemagne*, par Éginhard, il est question d'un météore lumineux qui, par un temps serein, frappa et renversa le cheval que montait l'empereur.

2° En 1521, le soleil était déjà couché, le ciel était serein, lorsqu'il tomba du haut de l'atmosphère une sorte de feu devant la porte du château de Milan, où les Français avaient apporté un grand nombre de barils de poudre. L'explosion de ces barils fut terrible, et plus de cent cinquante personnes furent tuées.

3° Le 13 juin 1759, vers neuf heures du soir, le ciel étant clair et serein, sans aucun nuage, la nuit étant très-belle, avec un vent frais du nord, le curé du village de Captieux, près de Bazas (Gironde), aperçut en l'air une *colonne de feu* qui semblait se diriger du levant au midi; bientôt des bois lui en dérobèrent la vue. Cependant, étant rentré chez lui, à peine fut-il couché qu'il entendit crier au feu; une écurie était remplie de flammes qui disparurent promptement; il vit alors des chevaux tués sans aucune marque de brûlure et tout le fumier consumé. — Il fut suffoqué par l'odeur du soufre et ne revint chez lui qu'avec peine. Cependant le plancher supérieur n'était point enflammé, et on n'y trouva que deux trous de trois ou quatre pouces de diamètre; mais toute la charpente du toit était embrasée; il fallut l'abattre

(1) *Hist. de l'Acad. des sciences*, Paris, 1759, p. 44.

pour sauver la maison. Une heure après il parut une autre colonne de feu qui alla se jeter dans la petite rivière de la Gainière et qui, en tombant, éclata avec plus de force qu'un coup de tonnerre.

On peut lire deux observations qui se rapportent à ce sujet (1) :

Nous devons faire remarquer que dans quelques observations où l'on indique la chute de la foudre par un temps serein, on a pu percevoir des sifflements, voir des sillons lumineux ; on est donc en droit de suspecter une chute d'aérolithes. C'est sans doute un de ces météores qu'observa le comte de Forbin dans le détroit de la Sonde en 1615. Nous ne ferons que mentionner ici une observation de M. Page, d'une trombe sous un ciel sans nuages (2).

(1) *Journal de physique* de l'abbé Rozier, t. IX, p. 222, et *Histoire de l'air* de l'abbé Richard, t. IX.
(2) *Écho du monde savant*, t. I, p. 76 (1835).

CHAPITRE III

FEU SAINT-ELME.

SOMMAIRE. — Définition. Historique. — Feu Saint-Elme sur les clochers, les navires, les paratonnerres, les barres métalliques, les piques, les baïonnettes, les canons de fusil, les pointes métalliques, les rochers, les eaux, la neige, les branches d'arbres, les animaux, l'homme. — Feu Saint-Elme au milieu des orages. — Sa transformation n décharge presque foudroyante. — Feu Saint-Elme sans manifestations lumineuses. — Théorie. — Pronostic.

Feu Saint-Elme. — On désigne sous le nom de *Feu Saint-Elme* des manifestations lumineuses de formes et de couleurs variées, accompagnées ou non de bruit, qui se montrent le plus ordinairement en temps d'orage, et en tout cas, quand l'atmosphère est fortement chargée d'électricité, sur certains corps saillants à la surface du sol et même de la mer. L'intensité de la lumière est généralement peu considérable, aussi ne les aperçoit-on le plus souvent que pendant la nuit, ou bien quand les nuées sont tellement opaques qu'elles produisent une sorte de nuit artificielle. Enfin, il arrive que la manifestation lumineuse n'est pas perçue et qu'on n'est averti de la présence du météore que par un bruit de crépitation tout particulier.

Les anciens ont donné à ce phénomène les noms de *Castor*, de *Pollux* et celui d'*Hélène*, leur sœur.

Au moyen âge, on admettait à tout propos l'intervention des puissances surnaturelles au milieu des tempêtes. Au XIIe siècle, on avait admis la présence dans l'air de démons ennemis des navigateurs à qui les saints venaient porter secours. La vierge Marie était plus spécialement invoquée, et sa présence était indiquée par des flammes bleues et légères au sommet des mâts et des agrès. Les prières s'adressaient aussi à des saints : à saint Germain, évêque d'Auxerre en 418 ; à saint Nicolas, évêque de Myre en Lycie. Les Espagnols invoquaient Pierre Gonzalès, nommé *Patronus Maris Hispaniæ*, et représenté dans ses habits de dominicain, tenant à la main un cierge à flamme bleue. Les Italiens et les navigateurs de la

Méditerranée s'adressaient plus spécialement à Sanctus-Erasmus, martyr sous Dioclétien, en abrégé S. Ermus, en italien S. Bruno et par euphonie S. Elmo. C'est ainsi que le *château Saint-Elme*, à Naples, et le *fort Saint-Elme*, à Malte, doivent leur nom à l'église consacrée à saint Érasme. Telle serait l'origine du nom Saint-Elme d'après M. Piper (1). Quelques auteurs ont dit saint Telmus pour saint Elmus.

Le nom *Saint-Elme*, et non *Saint-Helme*, ne dériverait donc ni d' *Hélène* ni d'*Hermès*, l'un des *Cabires*, divinités du paganisme, invoquées dans les malheurs domestiques et dans les tempêtes; et ce serait à tort que plusieurs auteurs auraient adopté les dénominations de feu Saint-Hélène, de feu Hermès.

Le feu Saint-Elme, dit aussi *feu Sainte-Claire*, est dans quelques cas l'*ignis lambens* des Latins; c'est le *Fuego di San-Almo* des Espagnols; le *Corpo sancto* des Portugais qui lui donnent le nom de *Corona de Nostra Senora*, s'il est formé de cinq ou d'un plus grand nombre de lumières; c'est le *Fuoco di S. Pedro, di S. Nicolao* des Italiens; le *Comazant*, le *Corposant* des Anglais; le *Sanct Elms Feuer*, *S. Elias-Feuer* des Allemands; le *Vred-Vyer* des Hollandais.

I. — **Feu Saint-Elme sur les clochers.** — 1° Le pasteur Lesser rapporte que le 2 février 1749, vers six heures du soir, pendant un violent orage de neige et de grêle, treize flammes apparurent sur les pointes et sur les angles en métal du toit de la tour de Saint-Pierre, à Nordhausen en Thuringe. Les flammes étaient d'un bleu pâle, d'un pouce et demi de hauteur sur un demi-pouce de largeur; elles n'étaient pas agitées par le vent qui soufflait avec violence et produisaient un bruit semblable au bourdonnement d'une mouche prise dans une toile d'araignée (2). Les flammes disparaissaient à l'approche du doigt ou en les abritant contre le vent, pour reparaître aussitôt que la main s'éloignait et que le vent atteignait de nouveau les pointes métal-

(1) *Ann. de Poggendorff*, t. LXXXII, p. 317 (1851).
(2) Bergman, *De avert. fulm.*, p. 174.

liques qu'elles surmontaient : ce phénomène dura un quart d'heure;

2° Le clocher de l'église du village de Plauzat, en Auvergne, est surmonté d'une croix en fer dont les extrémités sont en forme de fleurs de lis, avec des pointes aiguës ; toutes les fois que survient un fort orage, accompagné de nuages épais et d'éclairs fréquents, on voit apparaître à chacune de ces extrémités une lumière qui varie en couleurs comme l'arc-en-ciel; ces trois flammes se terminent en cône; quelquefois elles durent une heure et demie et résistent à la pluie, quelque abondante qu'elle soit. Depuis un temps immémorial, on a remarqué que la foudre ne tombe pas à Plauzat ou dans son plus proche voisinage une fois que les flammes ont commencé à briller sur la croix de l'église; aussitôt qu'elles se manifestent, on n'a, dit-on, plus rien à redouter du météore. Ce fait a été observé par le curé Binon, qui résidait à Plauzat depuis vingt-sept ans (1).

3° Le 23 mai 1761, à Wusterhausen, on vit, immédiatement après un éclair et un violent coup de tonnerre, une lumière, brillante comme un cierge, apparaître sur la pointe du clocher; une pluie subite et de courte durée l'éteignit; mais bientôt elle se remontra plus vive, plus rouge qu'auparavant, et ayant alors la circonférence d'une assiette. Après qu'elle fut restée à la même place pendant une demi-heure, une pluie plus durable la fit définitivement disparaître;

4° En 1769, le clocher de Hohen-Gebrachim, près de Regensbourg, fut incendié par la foudre. L'année suivante, il fut réparé et la croix débarrassée de la rouille qui la couvrait. Un soir de cette année, par un violent orage, une aigrette de feu apparut sur cette croix, plus brillante que toutes celles qu'on avait observées les années précédentes ; bientôt elle augmenta de volume, parut lancer des étincelles ou des rayons, et s'étendre à presque toute la croix. Ce brillant phénomène dura une heure environ, et disparut subitement après un violent coup de foudre, qui n'atteignit cependant ni

(1) *Hamb. magaz.*, t. IX, p. 359.

la croix ni le clocher, mais très-probablement un arbre dans le jardin voisin (1).

5° Le feu Saint-Elme fut remarqué par Ackermann, le 5 janvier 1771, à dix heures du soir, sur l'une des girouettes du clocher le plus élevé de Nicolaï à Kiel; la force et la vivacité de sa lumière augmentaient ou diminuaient suivant la force de l'orage (2).

6° Le 22 janvier 1778, pendant un violent orage accompagné de pluie et de grêle, Monget aperçut des aigrettes lumineuses sur plusieurs des sommités les plus élevées de la ville de Rouen (Arago.)

7° Sauvan, cité par Toaldo, aperçut un orage, le 21 juin 1783, sur la boule du clocher des Grands-Augustins à Avignon, avec une couronne de lumière qui dura trois quarts d'heure et finit à onze heures du soir (Observ. météor., p. 20.)

8° Dans la nuit du 23 septembre 1785, la foudre atteignit le paratonnerre de la tour de Saint-Reinold à Trémone, en Westphalie. Le sénateur Feldmann vit, peu de moments après, un magnifique faisceau de lumières sur la pointe sud de la lanterne de cette tour. (Hemmer.)

Le 23 février 1792, dans la soirée et au milieu de tourbillons de neige, apparurent un grand nombre de feux Saint-Elme sur la boule du clocher de l'église évangélique de Hermanstadt; on vit d'abord de petites flammes d'un blanc bleuâtre sur le sommet de cette boule; bientôt elles l'envahirent tout entière et même s'étendirent à son support couvert en fer-blanc. Ces flammes s'agitaient, augmentaient et diminuaient avec le vent. Ce phénomène cessa en même temps que la neige. Des feux semblables scintillèrent aussi sur la boule du clocher de l'église catholique, mais plus tard, et probablement parce qu'elle était moins élevée que la première (3).

II. — **Feu Saint-Elme sur les navires.** — 1° Le passage suivant se trouve dans l'*Historia del Almirante*,

(1) Reimarus. *Abhand.*, p. 76.
(2) *Loc. cit.*, p. 112.
(3) *Lichtenb. Magaz.*, VIII, s. 4.

écrite par le fils de Colomb : « Dans la nuit du samedi (octo-
» bre 1493, pendant le second voyage de Colomb) il ton-
» nait et pleuvait très-fortement. Saint-Elme se montra alors
» sur le mât de perroquet avec *sept cierges allumés*, c'est-à-
» dire qu'on aperçut un feu que les matelots croient être le
» corps du saint. Aussitôt on entendit chanter sur le bâti-
» ment force litanies et oraisons, car les gens de mer
» tiennent pour certain que le danger de la tempête est
» passé dès que Saint-Elme paraît. Il en sera de cette opi-
» nion ce qu'on voudra. »

2° « Pendant les grandes tempêtes, dit Herrera, Saint-
» Elme se montrait au sommet du mât de perroquet, tantôt
» avec un cierge allumé et tantôt avec deux ; les apparitions
» étaient saluées par des acclamations et des larmes de joie. »

L'observation qui suit est tirée des mémoires du comte de Forbin.

3° « Pendant la nuit (en 1696, non loin de Malte) il se
» forma tout à coup un ciel très-noir, accompagné d'éclairs
» et de tonnerre épouvantables. Dans la crainte d'une grande
» tourmente dont nous étions menacés, je fis serrer toutes
» les voiles. Nous vîmes sur le vaisseau plus de trente feux
» Saint-Elme ; il y en avait un entre autres sur le haut de la
» girouette du grand mât, qui avait plus d'un pied et demi
» de hauteur. J'envoyai un matelot pour le descendre ; quand
» cet homme fut en haut, il cria que ce feu faisait un bruit
» semblable à celui de la poudre qu'on allume après l'avoir
» mouillée. Je lui ordonnai d'enlever la girouette et de venir ;
» mais à peine l'eut-il ôtée de sa place, que le feu la quitta
» et alla se poser sur le bout du mât sans qu'il fût possible
» de l'en retirer. Il y resta assez longtemps jusqu'à ce qu'il
» se consuma peu à peu. »

4° Le capitaine John Waddel, du navire le *Dover*, dit qu'en janvier 1748, pendant un violent orage, plusieurs grands *comazants* se placèrent sur les flèches et brûlaient comme de très-grandes torches (*very large torches*). Peu après, le navire fut frappé de la foudre (1).

(1) *Trans. philos.*

5° Ménassier, officier de la Compagnie des Indes, rapporte (1) qu'à son retour de la Chine (1764) ils essuyèrent une horrible tempête mêlée de tonnerre, et qu'ils virent, pendant plus d'un quart d'heure, à l'une des extrémités de la grande vergue, une langue de feu qui pétillait beaucoup et qui faisait entendre de temps en temps des éclats comme des pétards.

6° Pendant une traversée de Palerme à Gênes, Beccaria a vu des feux Saint-Elme analogues à ceux que le comte de Forbin avait signalés; ils étaient accompagnés d'une sorte de sifflement ou de craquement.

7° Le capitaine Fanshawe, étant à bord du *Newcastle*, en mai 1821, observa, à l'extrémité des mâts des feux Saint-Elme ressemblant à la flamme du gaz; ces feux étaient visibles tantôt sur un mât, tantôt sur un autre et quelquefois sur tous. Ce navire allait des Bermudes à Halifax ; le temps était à bourrasques et une masse de nuages noirs avec éclairs et tonnerre se trouvait à l'arrière (2).

8° Le lieutenant de la marine britannique, Alexandre Milne, rapporte avoir été deux fois témoin du feu Saint-Elme à bord du *Cadmus* (3).

III. — **Feu Saint-Elme sur les paratonnerres.**— Il nous semble inutile d'entrer dans des détails à propos d'observations du feu Saint-Elme sur des paratonnerres, tant les exemples sont devenus nombreux. Nous aurons plus d'une fois l'occasion d'en faire mention.

IV. — **Feu Saint-Elme sur des barres et des tringles métalliques, sur des remorqueurs, des rails.** — 1° Au château de Duino, situé dans le Frioul, au bord de la mer Adriatique, il y a de temps immémorial, sur un des bastions de la place, une pique plantée verticalement la pointe en haut; quand le temps menace d'orage, la sentinelle qui monte la garde en cet endroit présente au fer de cette pique celui d'une hallebarde, qu'on laisse toujours là

(1) Nollet, *Memoire sur les effets du tonnerre.*
(2) Harris, *On the nature of thund*, p. 20.
(3) *Edinburgh new philos. Journ.*, IX, p. 214 (1830).

pour cette épreuve, et, si le fer de la pique étincelle beaucoup à l'approche de celui de la hallebarde, ou qu'il jette par sa pointe une petite gerbe lumineuse, alors il sonne une petite cloche qui est auprès, pour avertir les gens de la campagne et les pêcheurs qu'ils sont menacés d'orage, et sur cet avis, tout le monde rentre (1).

2° Au rapport du surveillant de la machine de Marly, dans les temps d'orages, de nombreuses petites flammes montaient et descendaient sur les tringles de fer des ouvrages de la pompe. D'abord il eut grand'peur de ce feu d'artifice; mais plus tard il se levait chaque fois qu'un orage arrivait sur la vallée, pour jouir, disait-il, de ce magnifique spectacle.

3° Pendant un orage qui eut lieu vers la fin du mois de juillet 1854, les cantonniers du chemin de fer, sous les petits tunnels au bas de Talant (Bourgogne), virent passer six fois de suite la flamme électrique sur les rails, sans qu'eux-mêmes, placés très près de la voie, aient éprouvé aucune commotion.

4° On a remarqué déjà plusieurs fois une lumière brillante à chaque jointure de rails. Dans un cas de ce genre, cité par M. Jobard, cette lumière faisait entendre un bruit très-distinct, comme une sorte de pétillement, de craquement.

5° Un remorqueur et quelques wagons qui se trouvaient sur la ligne de Gand à Liége parurent un instant tout en feu. De brillantes gerbes de lumière jaillissaient de tous les angles. Deux personnes s'étant approchées de ces wagons éprouvèrent une forte secousse avec un choc violent qui faillit renverser l'une d'elles. Le phénomène dura environ cinq minutes (2).

V. — **Feu Saint-Elme sur les piques, les baïonnettes, le canon des fusils; sur les pointes métalliques des parapluies, sur des aiguilles à tricoter.** — 1° Au mois de février, vers la deuxième veille de la nuit, dit César, il s'éleva subitement un nuage épais, suivi d'une

(1) P. Cotte, *Traité de météorologie*, p. 71, Paris, 1774.

(2) Consultez pour plus amples développements : Musschenbroek *Phys. expérim.*, t. III, p. 435.

pluie de pierres; et la même nuit, les pointes des piques de la cinquième légion parurent s'enflammer (1).

2° Suivant Procope, un phénomène semblable apparut sur les lances et les piques des soldats de Bélisaire dans sa guerre contre les Vandales (2).

3° Tite-Live dit que les piques de quelques soldats, en Sicile, et une canne que portait à la main un cavalier, en Sardaigne, parurent être en feu. Les cottes furent elles-mêmes lumineuses et brillèrent de feux nombreux.

Tite-live rapporte encore qu'à Frégelles, une lance, que L. Atrius avait achetée pour son fils alors au service, fut surmontée d'une flamme pendant plus de deux heures sans être endommagée (3).

4° Dans l'*Itinerary* de Fyner Marison, sécrétaire de lord Montjoy. on lit qu'à la date du 23 décembre 1600, au siége de Kingsale (Irlande), pendant que le ciel était sillonné par des éclairs sans tonnerre, les cavaliers en sentinelle voyaient des lampes brûler à la pointe de leurs lances et de leurs épées.

5° Beccaria rapporte dans une lettre à Mich. Casati que, pendant une très-violente tempête, tout le pourtour du toit de l'église de Fenestrelles (États Sardes) fut illuminé de feux Saint-Elme. Ils apparurent aussi sur les solives du pont-levis de la citadelle et même sur les branches des arbres dans la campagne. Une sentinelle, voyant une flamme sur le bout de son fusil et l'entendant siffler et crépiter, l'attribua avec effroi à la puissance des sorcières; à plusieurs reprises il essaya de la chasser ou de l'éteindre, mais elle revenait sans cesse. L'arme partit (sans doute par l'effet de quelque choc) et à ce bruit les soldats de garde accoururent : la flamme persista jusqu'à la fin de l'orage.

D'autres exemples sont signalés :

1° Par le docteur Allamand (4);

2° Par Ingenhousz (5).

(1) *De bello africano*, cap. VI.
(2) *De bell. Vandal.*, lib. II. cap. VI.
(3) Lib. XLIII.
(4) *Bibl. univ.*, VII, p. 154, et *Ann. de ch. et de phys.*, 2e série t. XVII, p 305 (1821).
(5) *Nouv. expér. et obs.*, t. II, p. 271.

VI.—Feu Saint-Elme sur les pointes des rochers. — Dans son ascension au Mont-Blanc, au mois d'août 1854, M. Blackwell fut obligé de passer deux nuits au Grand-Mulet pour cause de mauvais temps. Pendant l'une de ces nuits, vers onze heures, au milieu de la tempête, un guide vit les arêtes des rochers tout en feu. Ses compagnons s'assurèrent eux-mêmes du fait, et constatèrent le même phénomène sur leurs personnes; quand ils élevaient les bras, leurs doigts devenaient phosphorescents.

VII. — Feu Saint-Elme sur la surface des eaux, sur le sommet des vagues, sur la neige. — 1° Dans une lettre écrite par M. Rivière fils (1), du Fort-Royal de la Martinique, cet observateur annonce que dans les nuits des 10, 11 et 14 juillet 1820, toute la surface de la mer parut lumineuse. Le 10 et le 11, les flammes étaient élevées et jetaient une lumière assez vive. Ce phénomène, dont les habitants n'avaient jamais été témoins *différait entièrement de la phosphorescence de la mer*. Dans la nuit du 14, les flammes qui sortaient des récifs *ressemblaient à de grandes gerbes de feu d'artifice et répandaient tant de clarté qu'on pouvait lire à un demi-mille du rivage*. Ce spectacle nouveau dura presque toute la nuit; pendant sa durée, le ciel était chargé de nuages noirs et épais. Je ne sais, dit-il, si l'électricité ne serait pas la cause du phénomène que nous avons vu.

2° M. Prudhomme a rapporté le témoignage d'un habitant des côtes du Calvados, qui, étant sorti de sa maison dans la nuit du 11 au 12 février 1808, dans la crainte d'y être écrasé par l'horrible tempête qui régnait en ce moment, vit des éclairs fréquents se confondre avec *les feux qui jaillissaient de toutes parts du sommet des vagues*. La neige tombait à flots et souvent mêlée avec la grêle; on entendait gronder le tonnerre malgré le mugissement de la mer (2).

3° Plusieurs personnes ont été témoins du fait de phosphorescence de la neige que nous allons rapporter.

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, XV, 428 (1820).

(2) *Comptes rendus des trav. de l'Acad. des sciences.* A. B. L. de Caen, 1811, p. 93 (Séance du 7 mars 1808).

M. Michel Ghaye allait, le 5 décembre 1855, d'Omal à Warenne ; il était six heures un quart, l'obscurité était profonde, un nuage noir très-étendu occupait la région du N-O, et à peine avait-il marché cinq minutes, que la neige se mit à tomber. Tout à coup une vive lumière se répandit autour de M. Ghaye ; il se retourna, pensant que quelqu'un marchait derrière lui avec une lanterne, et contempla le phénomène suivant. Les gouttes de neige étaient lumineuses sur ses vêtements ; les bouts de sa cravate de laine noire, ballottés par le vent, semblaient tout en feu ; la visière de sa casquette était toute lumineuse, la lumière était si vive qu'elle l'empêchait d'avancer autant que l'obscurité profonde qui la précéda. « L'agitation des bouts de ma cravate, dit M. Ghaye, » me gênant beaucoup, je dus les enfermer sous mon paletot » que je boutonnai. J'avais mis des gants en tissu noir : je » voulus frotter la neige de mon paletot, qui devint encore » plus resplendissant et mes deux gants devinrent lumineux. »

Le même phénomène a été observé à la même heure entre Huy et Braive, d'après les remarques de M. Selys-Longchamps. Par l'extrait du *Courrier du Nord*, reproduit dans le *Moniteur Belge*, N° 4191, (Déc. 1855), M. Crasquin, vétérinaire, a vu le même phénomène, au même moment à Sebourg (Nord). (1)

4° Dans la nuit du 4 au 5 septembre 1767, pendant un violent orage, le fermier d'un étang près de Parthenay, en Poitou, le vit couvert, dans toute sa surface, d'une flamme si épaisse qu'elle lui dérobait la vue de l'eau. Le lendemain tous les poissons flottaient morts à la surface (Arago).

5° Des gouttes de pluie qui tombaient le 1er novembre 1844 dans une cour du collége Louis-le-Grand produisaient, en touchant le sol, des étincelles, des aigrettes accompagnées de bruissement. Le temps était couvert et sans orage (2).

Une autre observation a été communiquée à Arago par le docteur Robinson d'Armagh (3).

(1) *Acad. de Belgique.*, 1er mars 1856. *L'Institut*, t. XXIV, p. 229. *Moniteur univ.*, 24 déc. 1855.
(2) *Comptes rendus*, t. XIX, p. 1038.
(3) Arago, *Notice*, p. 372.

VIII. — **Feu Saint-Elme aux extrémités des branches.** — 1° Le 8 mars 1817, près de Gemmingen et pendant un violent orage, les pointes des arbres apparurent brillantes sur une grande étendue (1).

2° Lampadius rapporte que M. de Thielaw observa pendant un orage qui eut lieu à Freyberg (Saxe) une forte phosphorescence des arbres qui se trouvaient sur sa route; elle cessait quand il abaissait les branches jusqu'à terre, pour reparaître dès qu'on les abandonnait à elles-mêmes (2).

3° Une des plus intéressantes apparitions de ce genre est celle dont Burchell a été témoin, dans un de ses voyages dans l'Afrique méridionale. Il revenait le soir par des prés d'une visite qu'il avait faite aux missionnaires; des éclairs sans tonnerre illuminaient à chaque instant le ciel, et de très-larges gouttes de pluie tombaient de quelques nuages extraordinairement noirs et épais. Tout à coup il fut presque aveuglé par une brillante lueur qui paraissait descendre du zénith, et pendant un instant chaque brin d'herbe, dans un rayon de quinze pieds, parut incendié par la lumière électrique; l'herbe avait à cette place un pied de haut, et chaque tuyau, chaque feuille était fortement éclairée et paraissait brûlé. Aucune explosion n'eut lieu; on n'entendit pas le moindre bruit, et le voyageur continua son chemin, sans que le phénomène se montrât de nouveau (3).

4° M. Mohr rapporte que le 14 janvier 1824, M. Gehring, régisseur à Maxdorf, non loin de Cothen, se trouvait sur la route à la suite d'un chariot chargé de paille. Le soir, vers neuf heures, quelques faibles éclairs sans tonnerre se firent apercevoir vers l'ouest; bientôt un nuage sombre, poussé par un vent violent et accompagné de pluie et de grêle, enveloppa le chariot d'une profonde obscurité, et il fallut s'arrêter, les chevaux étant incapables de bouger de place. Durant ces ténèbres, M. Ghering, aussi bien que les domestiques, remarquèrent avec étonnement que tous les brins de

(1) Gehler's, *Phys.*, IV. Schwalb, *Chron. von Eiben*, p. 202 (1817).
(2) Gilbert's, *Ann.*, t. LXX, p. 113 (1822), et Peltier, *Des Trombes*, p. 374.
(3) *Reise in Südafrica*, th. I, s. 368. Gehler's, *Phys.*, *Wörterbuch* X, Band 2 abth. s. 1629.

paille se redressaient et paraissaient en feu; que le fouet même du cocher jetait une vive lumière; l'orage cependant ne durait plus. Si l'on rabaissait la paille avec la main, la lumière cessait, mais elle se faisait de nouveau remarquer dès que les tiges de chacune se relevaient. Ce phénomène dura environ dix minutes, jusqu'au moment où le vent eut emporté le nuage obscur (1).

5° N'est-ce pas à cet ordre de phénomènes qu'il faut rapporter les feux signalés par le P. Frisi, professeur de l'Université de Pise, dans une lettre à l'Académie des sciences (2).

IX. — **Feu Saint-Elme sur les animaux.** — 1° En 1702, pendant une soirée obscure mêlée d'averses, un gentleman de Wellinsboroug revenait de Castle-Ashby, lorsqu'il vit les oreilles de son cheval comme marquées du feu, et cela dura un huitième de mille. Souvent il chassait la lueur avec sa main, mais sans l'éteindre entièrement (3).

2° Nicholson remarqua les mêmes lueurs sur les oreilles de son cheval et sur celles de plusieurs autres chevaux. La tête de l'un d'eux paraissait tout en feu (4).

3° M. Bourdet (5), capitaine d'état-major, rapporte qu'en Pologne, le 24 décembre 1806, veille des batailles de Pulstuck et de Golymin, vers neuf heures, lorsque le vent du nord soufflait avec violence et que la nuit était si profonde que l'on ne pouvait voir la tête des chevaux, tout à coup l'extrémité des poils des oreilles de ces animaux ainsi que les poils les plus longs devinrent lumineux, excepté ceux du cou et de la queue. Toutes les pointes métalliques qui servent à leur harnachement, de même que les parties aiguës des affûts des pièces furent parsemés de points lumineux; on eût dit qu'un essaim de vers luisants étaient venus se placer sur les chevaux et sur les canons. Les moustaches de M. Bourdet et celles de plusieurs canonniers étaient lumineuses; celles d'un maréchal-des-logis, quoique très-épaisses, mais cirées,

(1) *Bullet. univ. partie mathém.*, I, p. 246.
(2) *Hist. de l'Acad. des sciences*, p. 23 (1754).
(3) Autres exemples : *Hist. de l'Acad. des sciences*, p. 36 (1759).
(4) Morton, *The natur. histor. of Northampt.*, p. 352.
(5) *Philos. Trans.*, LXIV, 351.

ne l'étaient pas. Cette lueur était d'un violet tendre et se terminait par un blanc éclatant; elle dura aussi longtemps que le vent, sans discontinuer, à peu près trois à quatre minutes. Les chevaux, pendant ce temps, affectaient l'attitude qui indique la frayeur, et rien ne pouvait les faire marcher. A l'instant où le vent cessa, les lueurs disparurent; alors survint un déluge de pluie mêlée de grêle.

4° M. Raffenel a vu la queue de son cheval lumineuse pendant la nuit, au Sénégal, par un temps très-sec (1).

X. — **Feu Saint-Elme sur l'Homme.** — 1° Le professeur Forskal d'Upsal, au rapport de Wilke (2), étant sorti à cheval à dix heures du soir, un jour d'avril 1759, et par une forte neige, vit une lueur, comme celle d'un ver luisant, apparaître au bout filamenteux de sa cravache, puis à la partie extérieure de son poignet et à l'extrémité des doigts de son gant, quand il tenait sa main en l'air. Il remarqua alors un point lumineux qui planait librement au-dessus du doigt et un léger rayon lumineux qui s'étendait de ce point au doigt lui-même.

2° De Saussure était sur les montagnes du Valais avec quelques amis, lorsqu'ils virent se former un orage *au-dessous* d'elles. Tandis qu'il éclairait et tonnait au bas, ils se trouvèrent électrisés, mais différemment, de manière qu'ils tiraient des étincelles en approchant les doigts les uns contre les autres (3).

3° Lorsqu'en 1769, au milieu d'un violent orage, une brillante aigrette apparut sur la croix du clocher de Hohen-Gebraehin, deux voisins, accourus pour éteindre le feu qui leur paraissait envahir le clocher, furent aussi surpris qu'effrayés de se voir la tête couverte de feu et de lumière.

4° Sponholz, cité par Hemmer (4), se trouvait sur la grande

(1) *Revue encyclopédique*, t. XII, p. 485 (1822).

(2) Autres exemples : *Ann. de ch. et de phys.*, t. X, p. 284, 2e série. *Poggendorff's Ann.*, t. XLVI, p. 655. *Poggendorff's Ann.*, t. XXXIV, p. 370 *Comptes rendus*, t. XLI. p. 114 (1855).

(3) J. de Rozier, t. II, p. 271 ; *Acad. des sciences* (1773).

(4) *Act. acad. Theod. Palat.*, t. IV, p. 52.

route, le 18 février 1770; le vent soufflait avec violence et la neige tombait à gros flocons. Tout à coup le cocher aperçut au bout de son fouet une lueur semblable à un charbon ardent. Sponholz, de son côté, vit de petites flammes à l'extrémité du poil de sa casquette de loutre; elles apparaissaient au nombre de trois, quatre ou cinq, tantôt à droite, tantôt à gauche. Quelques instants après, les chevaux eux-mêmes se trouvèrent comme couverts de feu.

5° Le dimanche 17 décembre 1854, en traversant le West-Bostonbridge (pont sur la rivière Charles, entre Boston et Cambridge), mon attention, dit M. Ware, auquel nous empruntons ce récit, a été attirée au milieu de ce pont, qui a 2,483 pieds de longueur, par un sifflement très-fort qui provenait d'un candélabre en fer. Au premier moment, je supposai que ce sifflement était produit par la vapeur d'eau provenant de la neige qui fondait sur la lanterne; mais, après un moment d'examen, je reconnus qu'il provenait d'une tout autre cause. En effet, au bout de quelques instants, j'éprouvai une suite de picotements sur le front, et, en élevant la main pour retirer mon chapeau, je fus surpris de voir une brillante décharge d'étincelles électriques s'échapper de tous les points où mes doigts avaient touché ou même approché le bord de ce chapeau de feutre. En m'avançant vers une partie du pont où les candélabres étaient déjà éteints, j'aperçus sur le ventilateur, au sommet et à chacun des angles ou pointes de la lanterne, des jets de lumière électrique longs de cinq à six pouces. En levant ma canne, j'observai le même phénomène, la lumière jaillissait, dans toutes les directions, du bout en acier, en étincelles longues de trois à quatre pouces, et enfin, le bout de mes doigts, recouverts de gants de laine, laissait aussi échapper des aigrettes lumineuses. Le son était très-fort, non-seulement sur la lanterne, mais aussi sur mon chapeau, ma canne et mes doigts. Celui que produisaient les lanternes du pont était parfaitement entendu d'un parapet à l'autre du pont qui a quarante pieds de largeur, et on pouvait même entendre celui que rendaient plusieurs lanternes, bien que la distance qui les sépare soit de deux cents pieds.

Ce son ressemblait à celui d'une chaudière à vapeur qu'on décharge, et peut-être plus exactement à celui de la décharge continue d'une machine électrique ou d'une forte batterie; seulement il était plus fort et le plus considérable de ce genre que j'aie entendu. J'ai remarqué que ces effets lumineux n'étaient sensibles qu'à une hauteur de cinq pieds au-dessus du pavé du pont (qui, à marée haute, est à six pieds au-dessus du niveau des eaux). Il pouvait être de onze heures à minuit, il neigait fortement; la haute mer avait eu lieu à neuf heures dix minutes du soir, et le vent soufflait avec force du nord-est (1).

6° Le 8 mai 1831, après le coucher du soleil, toute l'atmosphère était en feu et annonçait un violent orage; on aperçut à l'extrémité des mâts de pavillon, à Alger, une lumière blanche en forme d'aigrette qui persista pendant une demi-heure. Des officiers d'artillerie et du génie se promenaient sur la terrasse du fort Bab-Azoun ; chacun en regardant son voisin, remarqua avec étonnement que les extrémités de ses cheveux étaient tout hérissées de petites aigrettes lumineuses. Quand ces officiers levaient les mains, des aigrettes se formaient aussi au bout de leurs doigts (2).

Dans quelques cas le feu Saint-Elme s'est présenté sous la forme de flammes, d'autres fois on a même vu le corps de l'homme tout rayonnant de lumière. On en trouve des exemples dans (3) :

XI. — **Feu Saint-Elme au milieu des orages.** — — MM. Peytier et Hossard, dans les Pyrénées, ont été plusieurs fois enveloppés dans des foyers d'orages tellement formidables, vus de la plaine, qu'on les croyait perdus. Plu-

(1) L'*Institut*, t. XXIV, p. 154 (1856), d'après *Amer. Journ. of sc. and arts*, 2e série, vol. XXIX, p. 272.

(2) Rozet, *Voyage dans la régence d'Alger*, t, I. p. 152.

(3) Autres exemples : *Ann. de ch. et de phys.*, 2e série, t. X, p. 284. *Écho du monde savant*, p 233, 1835. *Lichtenberg Mag.*, t. V (*Gehler*, IV). *Acad. des sc. de Bruxelles*, 9 oct 1841, et l'*Institut*, t IX, p. 403, 1841. Arago, d'après le *Journal de La Haye*. *Comptes rendus*, p. 822, 1840. L'*Universel*, 15 mai 1829, et *Bull. univ.*, *Partie Math.*, t. XII, p. 348, 1829. *Americ. Journ. of. sc.*, t. IV, p. 124. Peltier, *Des Trombes*, p. 397. Ingen-Housz, *Nouv. expér. et observ. de phys.*, t. II. p. 271.

sieurs fois leurs cheveux, les glands de leurs casquettes se dressèrent et répandirent une vive lumière accompagnée d'un sifflement prononcé. — Letestu, en 1786, resta dans son aérostat pendant trois heures de la nuit au milieu d'un orage ; il entendait un bruit étourdissant, sa nacelle s'emplissait de neige et de grêle, les dorures de son drapeau étaient scintillantes.

L'observateur plongé dans un milieu électrisé comme lui ne court guère d'autres risques que ceux des décharges qui peuvent avoir lieu entre des points éloignés de la masse nuageuse électrisée, à cause de l'imparfaite conductibilité du nuage. C'est ainsi que Letestu trouva son drapeau percé, et que MM. Peytier et Hossard reconnurent des traces de fusion au canon d'un fusil laissé hors de leur tente, et une autre fois des traces de carbonisation sur un piquet de bois planté en terre. (Daguin).

XII. — **Le feu Saint-Elme passe graduellement aux décharges presque foudroyantes.** — Le feu Saint-Elme offre divers degrés de volume et d'intensité et passe ainsi graduellement du plus faible point lumineux, de la plus petite étincelle à une décharge presque foudroyante. En voici deux très-remarquables exemples :

M. C. Mène, alors aide-préparateur de chimie au Collége de France, avait établi sur le belvédère d'une maison, à Vaugirard, un fil de fer long d'environ 83 mètres, afin d'étudier la tension électrique de l'atmosphère. Le 26 juin 1850, vers sept heures, au moment d'un orage sur cette localité, M. Mène ayant placé sur le fil une pierre d'aimant assez forte destinée à fixer l'électricité, car les appareils ne montraient qu'une très-faible tension, il vit presque au même instant une colonne de feu sortir d'un éclair, s'abattre sur l'aimant, *se promener comme en langue de feu dans toute la longueur du fil* et l'illuminer dans toute son étendue ; puis à l'endroit où le fil se perd dans le sol, un bruit sourd et profond se fit entendre pendant quelques secondes. Ce phénomène se répéta à cinq reprises différentes et dura chaque fois près d'une demi-minute. A la troisième fois seulement,

l'expérimentateur entendit une légère détonation et vit une faible secousse dans l'appareil ; alors tombèrent plusieurs tuiles du toit où l'appareil était fixé; un rosier autour duquel le fil était enroulé fut déraciné, brisé et coupé comme par bandes, et toutes les fleurs qui se trouvaient sur le passage du fil conducteur au moment où il arrive en terre furent desséchées dans certaines parties de leurs tiges.

Dans un second orage qui eut lieu le même jour, vers neuf heures du soir, M. Mène replaça la même pierre d'aimant, non plus sur le fil situé sur le belvédère de la maison, mais sur la partie moyenne du même fil. Il vit bientôt une aigrette lumineuse, bleuâtre, longue d'environ 66 centimètres, qui s'était arrêtée sur l'aimant. Elle ressemblait assez à un fer de lance long et étroit, dont la pointe était tournée vers la terre; sa lumière augmentait d'intensité par moments et diminuait surtout lorsque la pluie tombait plus fortement. A l'un de ces moments, ayant touché le fil conducteur avec une tringle de fer isolée, M. Mène en tira deux ou trois étincelles bleuâtres qui ne lui donnèrent qu'une faible secousse et qui aimantèrent complétement la tringle. Ajoutons que durant le temps où l'aigrette lumineuse donnait le plus de clarté, le fil paraissait comme rouge-blanc, et à l'endroit où il se perd en terre, les pailles, les fleurs étaient attirées à lui et paraissaient aussi lumineuses dans leurs extrémités supérieures. Les gouttes de pluie qui découlaient de l'aimant semblaient brillantes comme des diamants, jusqu'au moment où elles tombaient sur le toit en zinc du laboratoire et faisaient même entendre, à leur tombée, un petit bruit semblable à la décharge des machines électriques; et, en recueillant une centaine de ces gouttes dans un vase de verre isolé, il fut facile d'en charger faiblement une petite bouteille de Leyde.

XIII. — **Feu Saint-Elme sans manifestations lumineuses.** — Le feu Saint-Elme est, comme nous l'avons dit, très-souvent accompagné de sifflement et de crépitations ; or, *s'il fait un grand jour*, la partie lumineuse du phénomène manque; on n'en perçoit plus que la partie sonore; ce sont des

sifflements, c'est un bruissement qui partant des extrémités aiguës du corps, transmettent le fluide électrique. Parfois alors on éprouve au bout des doigts un frémissement, un picotement singulier, tel que le produiraient de nombreuses petites étincelles de la machine électrique; on voit les cheveux, sans être lumineux, se dresser, se hérisser, etc. Voici quelques exemples de ce genre de phénomène :

1° Wilke rapporte avoir entendu dire que la pointe du paratonnerre du clocher de l'église allemande à Stockholm sifflait comme une couleuvre « *Wie eine Schlange zischte,* » quand un nuage orageux passait au-dessus. Très-probablement alors on l'aurait vue surmontée d'une aigrette lumineuse si le phénomène eût eu lieu la nuit (1).

2° Le 27 juin 1825, le temps était orageux et la tempête menaçait au moment où M. Maevivar se trouva sur le sommet du Ben-Nevis, en Ecosse, avec plusieurs compagnons de voyage. Leur attention fut attirée par un bruit très-singulier qu'ils entendirent tout autour d'eux ; il ressemblait absolument au bruissement des étincelles qu'on tire du conducteur de la machine électrique. Le son fut toujours clair et plus ou moins distinct, durant une heure et demie environ. Au milieu de ce bruissement général, M. Maevivar put nettement reconnaître la part qu'y prenaient le sommet de son parapluie et plusieurs pointes de rochers ; ce fut surtout sur le point le plus élevé de la montagne qu'il put très-bien distinguer les pierres par où s'opérait l'écoulement du fluide. Quoiqu'il n'y eût point de doute sur la nature de ce fluide, une circonstance y apporta de nouvelles preuves : un voyageur qui était resté en arrière, la tête nue pendant plusieurs heures, revint auprès de ses compagnons qui cherchaient un abri contre la tempête ; ses cheveux étaient dressés, hérissés par suite de la répulsion électrique ; alors plusieurs personnes, s'étant également découvert la tête, offrirent le même phénomène (2).

3° En 1767, de Saussure, Pictet et Jalabert se trouvaient sur

(1) *Schwedische Abhand.* XXXII, 126 (1770).
(2) *Journ. of sc. Edinburgh.* III, 312. *Bull. univ.* (*Partie Math.*), t. V, p. 273, (1826).

la cime du mont Breven. Pictet levait le plan des montagnes, et, levant la main pour en demander les noms aux guides, « il s'aperçut, dit Saussure, que chaque fois qu'il faisait ce » geste, il sentait au bout de son doigt une espèce de frémis- » sement ou de picotement semblable à celui qu'on éprouve » lorsque l'on s'approche d'un globe de verre fortement » électrisé. Il n'eut pas de peine à deviner la cause de cette » sensation; la vue d'un nuage orageux qui entourait la » moyenne région du Mont-Blanc, vis-à-vis duquel nous nous » trouvions, lui fit penser sur le champ qu'elle était l'effet » de l'électricité de ce nuage : il nous invita à essayer si » nous l'éprouverions aussi et nous sentîmes comme lui une » espèce de frissonnement tel que celui que produirait un » grand nombre de petites étincelles électriques ; mais crai- » gnant encore d'être séduits par notre imagination, nous » fîmes répéter cette même épreuve à nos guides et à nos » domestiques, et ils éprouvèrent les mêmes sensations avec » une surprise encore plus grande que la nôtre. Mais bientôt » la force de l'électricité s'accrut au point de ne plus laisser » aucun doute sur sa réalité. La sensation devenait à chaque » instant plus vive et elle était même accompagnée d'une » espèce de sifflement. M. Jalabert, qui avait un galon d'or » à son chapeau entendait autour de sa tête un bourdonne- » ment effrayant que nous entendions aussi quand nous » mîmes ce même chapeau sur nos têtes : on tirait des étin- » celles du bouton d'or de ce chapeau, de même que de la » virole de métal d'un grand bâton que nous avions avec nous. » — Cependant l'orage qui grondait avec beaucoup de vio- » lence dans le nuage qui était au-dessus de nos têtes, les » éclairs qui en partaient à chaque instant, nous avertissaient » de songer à notre sûreté. Nous quittâmes donc le sommet » de la montagne, et nous descendîmes à dix ou douze » toises plus bas où nous ne sentîmes plus d'électricité... » Bientôt après, il survint une petite pluie, l'orage se dissipa » et nous remontâmes au sommet où nous ne trouvâmes » plus aucun signe d'électricité. Je ne doute pas que s'il eût » fait nuit, ou même si le jour eût été plus obscur, on n'eût » vu sortir des flammes ou du moins des aigrettes lumi-

» neuses des extrémités de nos doigts et des bords du cha-
» peau de M. Jalabert (1). »

Ainsi, le feu Saint-Elme peut briller à la fois sur des objets et sur des animaux très-divers, à ce point que dans une assez grande étendue de terrain tous les objets ont pu paraître étincelants.

Nous ne connaissons rien de précis sur sa distribution géographique.

On l'a observé plus souvent dans les mois d'hiver que dans les mois d'été ; sur trente et une observations que nous analysons, nous trouvons qu'on ne l'a observé que deux fois dans les mois de juillet, août et septembre réunis.

On l'a observé moins souvent pendant le jour, bien qu'on l'ait vu distinctement, à la pointe d'un paratonnerre, sur le toit des maisons, en plein jour ; c'est qu'il est plus difficile à voir dans ces conditions.

Sur soixante-quatre observations, nous trouvons qu'on l'a observé cinquante-sept fois pendant un orage ; on l'a vu surtout quand il y avait de fréquents éclairs avec ou sans tonnerre.

Le plus souvent le feu Saint-Elme a la forme d'un fer de lance, d'une aigrette, d'une langue de feu, simple ou multiple, tantôt bleue ou bleuâtre, tantôt blanche ou couleur paille, même jaune au centre et bleuâtre sur les bords, souvent très-brillante.

Nous avons noté divers bruits de craquement, de sifflement, de bruissement, de bourdonnement, de pétillement.

Quelquefois le feu Saint-Elme ne touche pas le corps, il se tient à une certaine distance, et forme des étincelles qui voltigent en pétillant dans l'air autour de la tête, des vêtements.

Pendant certains orages, des charretiers, en passant la main sur leurs chevaux, les voyaient, par places, couverte de feux (2). En faisant claquer les fouets, on produisait de vives étincelles (3). Des chevaux agitant leur queue donnaient lieu à une forte lueur (4).

(1) De Saussure, *Voy. dans les Alpes*, t. II, p. 54, ch. XVI, § 648.
(2) Gilbert's, *Ann.*, t. LXXII, p. 398 (1822).
(3) *Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. III, p. 560 (1826).
(4) *Comptes rendus*, t. XLI, p. 114 (1855).

Dans quelques cas on a vu le feu Saint-Elme sous la forme de nappes de feu, de courants à la surface des corps (1). Souvent il résiste à l'agitation violente de l'air, à la pluie même abondante, tandis que d'autres fois il suffit d'une légère agitation de l'air pour le faire disparaître. Le feu Saint-Elme augmente ordinairement avec l'orage, mais le plus souvent l'apparition d'un éclair l'affaiblit ou le détruit tout à fait (2).

Théorie. — Pendant longtemps le feu Saint-Elme fut considéré comme un objet matériel saisissable. Le comte de Forbin, dans un temps assez rapproché du nôtre, avait envoyé un de ses matelots le saisir au sommet d'un mât.

Le feu Saint-Elme semble le résultat de la recomposition de l'électricité neutre au moyen des deux électricités contraires, non point par des décharges foudroyantes, mais par une action continue. Il est dû à l'électricité qui s'écoule par la surface des corps placés sous l'influence des nuées orageuses, et de préférence et plus aisément par les pointes.

On le produit aisément au moyen des machines, en présentant une pointe métallique à une certaine distance du conducteur. Il faut opérer dans l'obscurité et charger la machine d'électricité négative ; de cette façon, la pointe métallique donne lieu à l'écoulement d'une belle aigrette lumineuse. Si la machine ne donnait que de l'électricité positive, on armerait le conducteur d'une pointe à laquelle on présenterait, à distance, un globe métallique et poli.

Pronostic. — Chez les anciens, le feu Saint-Elme (Castor et Pollux) était d'un favorable augure s'il y avait deux flammes simultanées, tandis qu'une seule flamme (Hélène) était d'un mauvais présage.

Les aigrettes qui scintillaient au bout des piques, autour de la tête des hommes, étaient des signes d'un événement heureux ou d'une heureuse carrière. C'est dans c[illegible]s qu'on interpréta les flammes qui brillèrent sur [illegible]

(1) Gilb., *Ann.*, t. LXIV, p. 268 (1820). [illegible]
t. XXXIV, p. 386 (1789).
(2) *Philos. Trans.*, XLVII, p. 559 ([illegible]

Atrius, sur les piques des soldats de César et de Bélisaire.

On assure, dit Plutarque, qu'au moment où la flotte lacédémonienne sortit du port de Lampsaque pour aller contre l'ennemi, on vit briller aux deux côtés du gouvernail de la galère de Lysandre les deux étoiles des Dioscures (Castor et Pollux).

Les feux qui jouèrent sur la tête du jeune Ascagne, fils d'Énée, sur celle d'Alexandre le Grand pendant un combat, sur celle de Servius Tullius encore enfant, furent regardés comme des signes manifestes de la protection divine. On rapporte que la femme de Tarquin l'Ancien, ayant eu connaissance des flammes qui vinrent se jouer autour de la tête de Servius endormi, le fit élever comme son fils, bien qu'il fût le fils d'une esclave; et, s'inspirant de ce prodige, elle fit tous ses efforts pour le faire parvenir au trône. Les matelots de Christophe Colomb avaient encore tiré des présages heureux de l'apparition de ces feux.

Pour nous, le feu Saint-Elme n'est que le signe de la recomposition de l'électricité neutre de l'atmosphère pendant l'orage; c'est un signe qu'il existe une certaine imminence de foudroiement, à cause de la tension électrique de l'atmosphère et des circonstances dans lesquelles il apparaît le plus ordinairement.

CHAPITRE VI

TONNERRE

SOMMAIRE. — Histoire générale. — Du roulement du tonnerre, de sa durée, de ses rapports avec la distance du nuage où le phénomène a pris naissance. — Des plus grandes distances auxquelles le tonnerre se fait entendre. — Des causes de la prompte extinction du tonnerre. — Du tonnerre par un ciel serein. — Théorie du tonnerre. Opinions des anciens et des auteurs de notre temps, MM. Becquerel, Pouillet, Arago, Helvig, Coriolis, Gavarret, Monge, Tessan, Boutan. — Du rôle de l'écho. — Théorie de l'auteur.

Histoire générale. — Le tonnerre est le bruit plus ou moins violent qui succède à l'éclair. Disons de suite que, produit en même temps que l'éclair et par la même cause, il ne précède jamais l'éclair; c'est tout au plus si le rapprochement du nuage permet d'observer leur coïncidence plus apparente que réelle. C'est qu'en effet la lumière a une vitesse incomparablement plus considérable que celle du son, et par suite l'éclair doit toujours être aperçu le premier. Mais nos sens ne sont pas toujours à même d'apprécier les faibles différences de temps qui les séparent, et il arrive que les deux sensations (lumière et bruit), qui sont consécutives, nous paraissent simultanées.

Nous allons étudier les diverses modifications que présente le bruit du tonnerre.

1° Pour les personnes voisines du lieu foudroyé, la détonation est, en général, unique, et d'une très-courte durée ; parfois elle ressemble à l'aigre cri du papier ou d'une étoffe de soie que l'on déchire.

D'autres fois on entend un bruit semblable à un *coup de fusil* ou *de pistolet;* et cette circonstance a pu faire croire à l'attaque de quelque malfaiteur.

Ainsi lorsque la foudre pénétra dans les appartements de lord Tilney, à Naples, de Saussure et plusieurs autres témoins entendirent un bruit qu'ils jugèrent être l'effet d'un *coup de pistolet* tiré dans une chambre.

Au mois d'août 1853, la foudre tomba au Mans, sur une salle de spectacle dont la toiture de zinc rendit un *son stri-*

dent et *aigu*. Plusieurs spectateurs virent la flamme électrique au-dessus du grand lustre dont il avait suivi la tringle de support, et l'on entendit comme un fort coup de pistolet.

La foudre étant tombée sur une église fit au dehors un bruit terrible, et cependant les personnes qui étaient réunies dans l'église même n'eurent que la sensation d'un petit bruit semblable à celui d'*un coup de pistolet* (l'abbé Richard).

M. et Mme Boddington, pour jouir de la vue de la campagne, s'étaient placés sur le siége de derrière de leur voiture; deux domestiques en occupaient l'intérieur, lorsqu'un violent orage étant survenu subitement, la foudre frappa M. et Mme Boddington, renversa les chevaux et lança le postillon à une grande distance. Quant aux domestiques, ils ne furent pas atteints. L'un d'eux raconta qu'un éclair extrêmement brillant fut immédiatement suivi d'un *bruit semblable à la décharge d'un coup d'un mousquet fortement chargé et qu'il crut qu'un malfaiteur avait fusillé les chevaux*, ce qui l'avait si fort effrayé que pendant quelque temps il n'avait pas bougé.....

Quelquefois enfin, les personnes qui se trouvent dans une maison ou dans un édifice foudroyé, sont subitement assourdies par une violente détonation qu'elles comparent à celle d'une ou de plusieurs pièces d'artillerie.

Lorsque la foudre atteignit le phare de Gênes, le 4 janvier 1827, plusieurs hommes qui, au moment du coup, se trouvaient dans la tour, aperçurent une flamme éclatante et entendirent un seul coup, comme le bruit d'un canon, sans craquement ni roulement (Kries).

Plusieurs personnes réunies dans une maison sur laquelle la foudre tomba, entendirent un bruit effroyable qui ne leur laissa que l'idée de l'explosion subite *d'un canon de très-fort calibre tiré* à leurs oreilles (Beyer).

Quatre personnes étaient dans le sanctuaire de l'église métropolitaine de Narbonne, lorsqu'elle fut foudroyée. Elles virent l'église remplie de flammes et de fumée et entendirent une *explosion* épouvantable (Bertholon).

2° L'éclair est quelquefois accompagné *d'un bruit de siffle-*

ment plus ou moins intense, ainsi que le constatent les quatre observations suivantes :

Lorsque, le 16 août 1804, la foudre tomba et se divisa sur les bâtiments de l'Université de Breslau, M. Jungnitz rapporte que plusieurs personnes qui se trouvaient devant une croisée entendirent un sifflement comme celui d'une balle de fusil.

Au mois de juillet 1804, un violent orage éclata au-dessus de la ville de Malacca ; les éclairs, dit M. Horsburgh, étaient très-vifs et accompagnés d'un fort sifflement.

Le capitaine Leath, qui commandait *la Belette*, dit, qu'en 1822, plusieurs décharges tombèrent dans la mer, à peu de distance du bâtiment, en faisant entendre un bruit semblable au sifflement d'une balle de mousquet (1).

Dans la nuit du 18 au 19 septembre 1840, M. de Tessan, ingénieur hydrographe, voyageant en voiture, fut assailli par un orage sur le sommet d'une colline entre Avignon et Remoulin. « Je me dépouillai prudemment, dit-il, de tout le métal que je pouvais avoir sur moi, dans la prévision que la voiture serait foudroyée, tant à cause de sa position élevée que de la grande quantité de fer qui entrait dans sa construction. Tout à coup un éclair encore plus vif que les précédents fait entendre un sifflement assez fort accompagné d'un épouvantable fracas de tonnerre. L'éclair, le sifflement et le fracas me parurent simultanés, ainsi qu'aux deux personnes qui étaient avec moi dans le coupé ; je crois cependant que c'est bien dans cet ordre-là que les sensations se succédèrent. » La voiture examinée à Nîmes parut intacte (2).

3° Si la décharge électrique ne frappe pas la terre ou si l'on ne se trouve pas trop près de l'endroit qu'elle frappe, on entend une *détonation* suivie de *roulement* avec *renforcements* plus ou moins forts et répétés. Les bruits ont tous un timbre plein et grave et non plus sifflant, sec ou criard ; et, suivant quelques auteurs, le *ton* du roulement devient parfois de

(1) *Nautic. mag.*, t. XXI, p. 466.
(2) *Comptes rendus*, t. XII, p. 791 (1841).

plus en plus grave en se prolongeant. Tantôt on remarque une violente et brusque détonation non suivie de roulement.

On observe souvent dans le Midi de la France, dit M. Beudant (1), une détonation subite sans roulement et analogue à celle que produirait la décharge simultanée d'une douzaine de pièces de canon. M. Beudant ajoute qu'il lui a paru que, dans ce cas, les nuages étaient toujours très-près de la terre.

L'explosion qui frappa une maison à cent pas de celle qu'habitait M. Toscan, au Jardin des Plantes de Paris, fut accompagnée d'une détonation terrible, mais sans craquement, sans répétition ni redoublement.

Spallanzani étant à Pavie, le 29 août 1791, fut témoin d'un orage avec agrégation de petites nuées blanches, desquelles partirent sept coups de foudre successifs accompagnés chacun d'un bruit semblable à celui d'un canon.

Le coup de foudre qui frappa le temple de Saint-Reinold à Trémone, fit un bruit bien peu inférieur à celui de dix canons tonnant à la fois (Hemmer).

Le révérend William Paxton écrivait au docteur Milles, doyen d'Exeter, au sujet d'un coup de foudre qui renversa, le 2 mars 1769, l'un des *pinacles* de la tour de Buckland-Brewer, que ce coup produisit une détonation égale au moins à celle de *cent* pièces de canon qui seraient parties à la fois.

D'autres fois, une première détonation est suivie d'*un roulement* qui va en diminuant, en sorte que le tonnerre a son maximum d'intensité au moment de son début.

Mais plus souvent encore on n'entend d'abord qu'un roulement faible et sourd, bientôt suivi *de renforcements* variables en nombre et en intensité, entre lesquels le roulement continue pour s'éteindre graduellement. Ces renforcements ou *éclats* sont souvent fort intenses, très-brusques, et comme par violentes secousses. Il n'est pas sans quelque utilité pour la théorie d'évaluer numériquement les *intervalles compris entre les faibles commencements de certains tonnerres et* leurs

(1) *Traité de physique*, p. 595

périodes retentissantes. Voici quelques observations de de l'Isle rapportées par Arago.

Le 17 juin 1712, un orage gronde sur Paris ; à 0 seconde, un éclair se montre ; à 3 secondes, le tonnerre commence à se faire entendre très-faiblement ; à 12 secondes, il éclate ; à 19 secondes, il finit doucement. Il ne s'écoula donc pas moins de 9 secondes entre le commencement du tonnerre et celui de ses éclats.

Un second exemple correspond à la date du 21 juillet : A 0 seconde, éclair ; à 16 secondes, le bruit commence faiblement ; à 26 secondes, le tonnerre éclate ; à 32 secondes, il finit doucement.

Les citations qui suivent auront, sur les précédentes, l'avantage de faire connaître *la durée des éclats*.

Le 8 juillet 1712 : à 0 seconde, éclair ; à 11 secondes, le tonnerre commence doucement ; à 12 secondes, il éclate ; à 32 secondes, les éclats cessent ; à 50 secondes, le bruit finit doucement. La durée des éclats fut donc de 21 secondes.

8 juillet : A 0 seconde, éclair ; à 11 secondes, le tonnerre commence doucement ; à 12 secondes, il éclate ; à 38 secondes, il cesse d'éclater ; à 47 secondes, il finit doucement.

L'observation suivante nous offre la circonstance nouvelle *d'un redoublement de force pendant les éclats* :

A 0 seconde, éclair ; à 10 secondes, le tonnerre commence très-doucement ; à 13 secondes, il éclate ; à 20 secondes, les éclats redoublent d'intensité ; à 35 secondes, les éclats cessent ; à 39 secondes, le tonnerre finit doucement.

Quelle est la plus longue durée du roulement du tonnerre observé en pays de plaine et correspondant à un seul éclair ?

De l'Isle a remarqué le 17 juin 1712, à Paris, des roulements qui ont duré 34, 36, 41 et 45 secondes. Le 3, le 8 et le 28 juillet, le même observateur a trouvé, au *maximum*, des durées de 35, 36, 38 et 39 secondes. Ainsi le maximum a été 45 secondes.

La durée du roulement n'a aucun rapport avec la distance du nuage où le phénomène a pris naissance. — C'est là du moins ce qui résulte de quelques

déterminations obtenues en Éthiopie par M. d'Abbadie et consignées dans le tableau suivant (1) :

DATES.	INTERVALLES entre L'ÉCLAIR ET LE BRUIT.	DURÉE du ROULEMENT.
20 novembre... 1842.	36,4 secondes.	18,0 secondes.
25 avril..... 1842.	13,2 —	13,0 —
1 mai..... .. 1842.	56,0 —	19,2 —
7 septembre... 1843.	18,0 —	22,0 —
12 septembre... 1843.	30,8 —	14,0 —
12 février..... 1844.	32,0 —	8,0 —
15 février..... 1844.	92,0 —	16,0 —
22 février..... 1844.	40,0 —	12,0 —
16 mai..... 1846.	9,0 —	22,4 —

Le roulement qui correspond à un seul éclair, ne doit pas être confondu avec celui *qui résulte d'une succession rapprochée de décharges foudroyantes* et qui peut durer fort longtemps, jusqu'à une heure et demie.

Pendant un orage qui éclata près Paris, le 8 septembre 1844, M. Peltier entendit un roulement continu qui dura 20 minutes sans aucune interruption.

Et, au rapport de Howard, le tonnerre gronda plus d'une heure et demie dans la nuit du 15 juillet 1808, à Glocester.

La détonation première, le roulement et les renforcements du tonnerre font trembler, vibrer les habitations de l'homme et souvent occasionnent, dans certaines de leurs parties, une très-forte *résonnance* qui dépend, sans doute, selon la remarque de Musschenbroek, de ce que ces parties sont à *l'unisson*, à *un octave quelconque* ou *à la tierce* du ton primitif.

Quelles sont les plus grandes distances auxquelles le tonnerre ait été entendu ?

De l'Isle a compté 72 secondes entre un éclair et le bruit du tonnerre correspondant ; la distance du nuage, où l'éclair se montra, était donc de soixante-douze fois 337 mètres, ou

(1) *Comptes rendus*, t. XXXIII, p. 894 (1852).

24,264 mètres, c'est-à-dire environ 6 lieues de 4,000 mètres. Mais cette distance est tout à fait exceptionnelle. Les plus grandes distances habituelles ne s'élèvent tout au plus qu'à 4 lieues. Plusieurs observateurs ont constaté qu'ils n'avaient pas entendu le tonnerre provenant d'éclairs qui partaient à une distance au-dessus de ce nombre de lieues.

Suivant Musschenbroek, par exemple, il tonne parfois très-fortement au-dessus de La Haye, sans qu'on entende rien à Rotterdam, à la distance de 5 lieues un quart.

Plusieurs fois on n'a pas entendu à Leyde de très-violents orages qui sévissaient sur la ville d'Amsterdam, à la distance de 9 lieues.

Smeason se trouvait, le 25 janvier 1757, à 12 lieues environ (Thirty miles) de Lestwithiel (Cornouailles) au moment où le clocher de cette localité fut presque détruit par la foudre ; il vit les éclairs de cet orage, mais sans entendre le tonnerre.

Le bruit du tonnerre s'entend donc de beaucoup moins loin que celui du canon, car celui-ci retentit jusqu'à l'énorme distance de 20, 30, 40 et même 50 lieues, ainsi que M. Arago en cite des exemples :

Le canon tiré à Florence, dit-il, s'entend quelquefois du vieux château du Monte-Rotondo, près de Livourne, à la distance en ligne droite de 20 lieues et demie (82 kilomètres).

Lorsqu'on tire le canon à Livourne, on l'entend quelquefois à Porto-Ferrajo, à la distance de 20 lieues un quart (81 kilomètres).

A l'époque où les Français faisaient le siége de Gênes, le bruit de leur artillerie était entendu de Livourne à la distance de 33 lieues trois quarts (147 kilomètres.)

Suivant M. Élie de Beaumont, la canonnade du 14 mars 1814 fut entendue très-distinctement dans la commune de Casson, située entre Lisieux et Caen, à environ 175 kilomètres ou 44 lieues de Paris en ligne droite.

Enfin M. Arago a reçu de M. de Saint-Cricq, l'assurance

qu'on entendit le canon de Waterloo, de la ville de Creil, à la distance de 50 lieues (200 kilomètres).

La petitesse de la distance qui suffit pour éteindre complétement le bruit des plus violents tonnerres a excité l'étonnement dans tous les temps. Ainsi je trouve, dans les *Mémoires des Missionnaires de la Chine*, t. IV, que *l'empereur Kang-hi*, qui s'était livré à des études de physique et de météorologie, portait à 10 lieues le plus grand intervalle que les détonations de la foudre pussent franchir. Il assurait au contraire avoir entendu le bruit de l'artillerie jusqu'à la distance de 30 lieues.

Quelles sont donc les causes de la prompte extinction du tonnerre? — On ne le sait pas encore. M. Arago se demande si elle ne dépendrait pas des réflexions partielles que le son du tonnerre subit en rencontrant obliquement les surfaces de séparation des couches atmosphériques de différentes densités.

La propagation du bruit du tonnerre est sans doute diminuée par plusieurs autres influences, par le vent qui souffle en sens contraire et par la chute de la neige. Ainsi :

Le 22 décembre 1782, la tour de l'église de Saint-Étienne à Vienne fut frappée par la foudre pendant une neige des plus épaisses et qui tomba tout à coup. Il n'y eut que deux coups de foudre qui, à en juger par la vive lumière qu'ils répandirent, étaient très-violents, et cependant le bruit qui les accompagna ne surpassa pas celui d'un coup de fusil; ils ne furent suivis d'aucun retentissement ni roulement (Ingenhousz.)

M. Montigny, dans une note adressée à l'Académie de Belgique, a essayé de montrer que la vitesse du tonnerre peut être bien plus grande que celle de 340 mètres qu'on lui attribue ordinairement. Parmi les faits invoqués par cet observateur je citerai les suivants :

Dans la nuit du 28 au 29 septembre 1860, la foudre incendia une ferme de Flawinne, près de Namur. M. Montigny se trouvait à Rhisnes, à 5,200 mètres de la ferme. Éveillé dès le commencement de l'orage, il vit tout à coup la lueur d'un éclair et presque aussitôt un violent coup de

tonnerre. Il ne s'écoula certainement pas deux secondes entre l'éclair et l'éclat de la foudre, et quelques minutes après, M. Montigny apercevait la lueur de l'incendie de Flawinne. Si la vitesse du tonnerre n'avait été que de 340 mètres par seconde, il y aurait eu 15",2 entre l'éclair et le tonnerre.

M. le curé de Temploux, éloigné de 5,030 mètres de la ferme incendiée, entendit aussi le bruit du tonnerre à deux secondes environ de l'apparition de l'éclair, tandis que le son met 14",7 à parcourir cette distance avec une vitesse de 340 mètres à la seconde. On pourrait supposer qu'un nuage éloigné de 680 mètres au-dessus de l'habitation de Rhisnes, a servi de point de départ à la foudre qui vint ensuite frapper la ferme de Flawinne, mais l'observation directe semble rendre cette explication impossible.

La veille, vers cinq heures du matin, pendant un autre orage, la foudre atteignit un arbre de la grande route, au-delà du château de Boguets, à 1,500 mètres de Temploux, et la détonation suivit presque immédiatement l'éclair, au lieu d'arriver 4" 1/2 après lui.

Pendant l'été de 1859, la foudre tomba dans le faubourg de Borgerhout, près d'Anvers. M. Montigny vit l'éclair et entendit le tonnerre après un intervalle de temps tellement court, qu'il crut que c'était la cathédrale qui était frappée; or, la maison foudroyée était à 1,800 mètres de distance, le bruit aurait dû succéder à l'éclair après 5",3.

Il n'est pas bien prouvé par ces observations que l'éclair observé correspondait au coup foudroyant. Nous admettons comme probable qu'en temps d'orage la vitesse du son puisse subir quelques modifications, mais il est difficile d'admettre, sans preuves plus précises, des différences aussi considérables que celles que signale M. Montigny.

On a dit que le bruit de la foudre se propageait moins loin que celui du canon; on n'a pas tenu compte probablement de l'état de l'atmosphère, de l'irrégularité des vents, de la présence des nuages, du bruit qui accompagne les

orages, et de mille circonstances qui peuvent faire obstacle à la libre propagation du son (1).

Le tonnerre se fait-il jamais entendre quand le ciel est parfaitement serein? — Sénèque admet la réalité de ce phénomène, quand il dit : *Pourquoi tonne-t-il même par un ciel serein?*

Suétone dit que, vers la fin du règne de Titus, le tonnerre se fit entendre par un ciel serein.

Senebier, sans citer d'observations directes, parle du tonnerre des jours sereins comme d'un fait reconnu (2).

En réalité des détonations semblables à celles du tonnerre peuvent avoir lieu, le ciel étant serein, dans diverses circonstances qu'il faut bien distinguer.

1° Elles peuvent dépendre de la chute d'aérolithes qu'on n'aurait point aperçus (3).

Chladni dit qu'on a entendu, le 1er avril 1826, un bruit dans les environs de Saarbrück (Prusse rhénane) à quatre heures après midi, pendant que l'air était calme et serein, et que le soleil brillait : c'était un roulement semblable à celui du tonnerre. Pendant sa durée, on vit *un objet grisâtre* paraissant avoir trois pieds et demi de hauteur et s'approchant du sol avec la vitesse de l'éclair, pour s'y étendre en forme de nappe; après une minute à peu près de silence, on entendit de nouveau le bruit du tonnerre qui parut s'élever du lieu même où le météore s'était arrêté.

Certes, cette masse grisâtre, se mouvant avec la vitesse de l'éclair, aurait pu échapper facilement à l'observation.

2° Les tremblements de terre, surtout dans les pays où ils sont fréquents, sont souvent précédés de sourds roulements dont une illusion acoustique transporte facilement le siége dans l'atmosphère. De là sans doute, comme le remarque M. Arago, les violents tonnerres qu'on entendit, il y a un siècle environ, le ciel étant parfaitement serein, à Santa-Fé-de-Bogota, et en commémoration desquels il se dit tous les ans à la cathédrale la *Messe du bruit* (la missa del ruido).

3° Inutile de faire remarquer que le ciel peut être serein au-

(1) *Cosmos*, 1860, t. XVI, p. 282, 652, 674.
(2) *Journ. de phys.*, t. XXX, p. 246.
(3) *Ann. der phys. und chem.*, n° 7, p. 376 (1826).

dessus d'une région peu étendue et bordée par des montagnes. Le bruit du tonnerre peut alors dépendre d'un orage qui éclate derrière ces montagnes.

4° Parfois enfin le nuage d'où part la foudre peut être isolé dans un ciel serein et tellement petit qu'il échappe à l'attention de quelques observateurs. « J'ai vu moi-même, » dit Bergman, la foudre tomber d'un *très-petit nuage* sur un » clocher, le ciel étant d'ailleurs parfaitement clair. Ceux qui » n'avaient pas vu cette circonstance s'étonnaient d'un cas si » extraordinaire, et ne savaient pas qu'il y eût aucun » nuage. »

Mais, sous un ciel parfaitement serein, et sans le plus petit nuage, la vue s'étendant au loin sur l'horizon en l'absence de tout tremblement de terre et de toute chute d'aérolithes ou d'autres bolides, a-t-on entendu des détonations semblables à celle du tonnerre ? Nous ne pouvons répondre à cette question que par un très-petit nombre d'observations fort incomplètes.

Le 13 juillet 1788, à 6 heures du matin, Volney entendit à Pontchartrain, à 4 lieues de Versailles, quatre à cinq coups de tonnerre ; les rayons du soleil étaient d'une chaleur insupportable, l'air était calme et étouffant ; le ciel était sans nuages. Ce ne fut qu'à sept heures et quart qu'un nuage parut au sud-ouest, puis survint un vent très-vif. En quelques minutes, le nuage remplit l'horizon et accourut vers le zénith avec un redoublement de vent alors frais ; tout à coup commença une grêle, non pas verticale, mais lancée obliquement comme par 45°. Elle était grosse comme le poing, etc. (1).

Peltier (2) cite le fait suivant qui lui a été communiqué par le curé de Champeneil. Le 24 mars 1840, les habitants de Champeneil, d'Auvernaux et de Ballancourt (Seine-et-Oise), entendirent plusieurs coups de tonnerre, lorsque le ciel était parfaitement serein. Parmi les personnes qui entendirent ces détonations, il signale M. Chartier, curé de Ballancourt, et M. Hérisson, curé de Chevannes.

(1) *Tabl. des climats et du sol des États-Unis*, ch. IX, p. 203.
(2) *Observations sur les trombes*, p. 376.

Nous avons en outre à invoquer plusieurs relations de coups de foudre qui auraient frappé des maisons, des édifices, des navires et l'homme lui-même, le ciel étant serein ; mais la plupart d'entre elles ne font pas mention du bruit de tonnerre et laissent la question tout entière non résolue.

L'observation de Peltier manquant de tous les détails nécessaires à l'appréciation de sa valeur, il n'y a donc de bien nette que l'observation de Volney. Encore devons-nous, avant d'y voir une démonstration de la preuve de l'existence du tonnerre dans un ciel serein, nous demander s'il n'y aurait pas eu, dans ce cas, un aérolithe, dont le petit volume aurait échappé à l'observateur.

L'abbé Raillard repousse l'idée de l'existence du tonnerre sans éclair. Il fait observer que l'on n'en a cité aucun cas arrivé pendant la nuit, et il conclut que la lumière solaire a empêché de voir l'éclair (*Cosmos*).

L'observation a démontré que, par un ciel couvert, il peut y avoir des éclairs sans tonnerre, *bien que l'on ne puisse invoquer l'éloignement pour justifier l'absence de bruit*. Ces éclairs silencieux sont quelquefois engendrés au sein des nuages orageux : M. Griswold a publié la relation d'une trombe qui était le foyer d'éclairs très-brillants, et, bien qu'il fût seulement à 400 mètres du météore, *il n'entendait absolument aucune détonation* (1).

Voici encore une autre observation intéressante, mais qui n'apporte dans la question aucun élément nouveau. C'est à M. Ledoux, capitaine du génie à Philippeville (Algérie), qu'elle est due.

« Le 29 mai 1842, à 8 heures du matin, j'étais occupé » à faire un tracé de route sur le versant de la montagne de » l'Edough, du côté de Bone, quand tout à coup nous entendîmes, au-dessus de nous, deux détonations aussi fortes » que des coups de canon tirés à 100 mètres de distance. Le » ciel était légèrement voilé par quelques nuages légers » comme de la gaze ; le vent était nul et rien ne fit présumer » que ces explosions fussent le résultat de deux coups de

(1) Arago, *Notice*, p. 435.

» tonnerre. Ce phénomène m'a d'autant plus frappé que la » cause de pareilles détonations n'était pas facile à deviner. » Cependant je pense que l'inflammation de certains gaz » accumulés dans l'atmosphère, ou mieux encore l'explosion » de quelque bolide ou boule fulminante invisible à cause de » la clarté du jour, a pu donner lieu à tout ce bruit (1). »

Arago est arrivé à une conclusion contraire par un raisonnement que nous adoptons entièrement pour le cas d'un pays entièrement plat et découvert, mais qui peut-être ne convient pas aux lieux de l'observation de Volney.

« Un homme de petite taille, dit M. Arago, dont l'œil est » élevé de 1 mètre 60, peut voir, si l'horizon est bien dégagé, » un objet placé à terre, jusqu'à la distance d'une lieue de 4,000 » mètres. — Si l'objet est élevé de 25 mètres, il sera aperçu » à 5 lieues et demie. — Si la hauteur est de 500 mètres, » on le découvrira à la distance de 21 lieues. Supposons » enfin l'objet à 1,000 mètres d'élévation, et nous le verrons » encore à plus de 29 lieues. — Revenons maintenant à » l'observation que nous avons rapportée. Volney..... se » trouvant à Pontchartrain, entend très-distinctement quatre » à cinq coups de tonnerre. Il regarde autour de lui; il » n'aperçoit aucun nuage ni dans le firmament ni près de » terre. Si les cinq coups ne sont pas partis de la portion » d'atmosphère diaphane qui recouvre l'horizon visible, si » leur foyer ou leur cause doit être cherchée dans des nuages » situés au delà des limites de cet horizon, il faudra que les » nuages ne soient pas à plus de 6 lieues de distance, car » sans cela la détonation n'aurait pas été entendue; or, des » nuages, pour être invisibles à la distance de 6 lieues, ne » doivent pas se trouver à plus d'une trentaine de mètres » d'élévation. Nous voilà donc amenés à cette alternative : ou » les tonnerres entendus par Volney venaient d'une atmos- » phère parfaitement sereine, ou ils avaient pris naissance » dans les nuages situés, au plus, à la très-petite hauteur de » 30 mètres. Entre ces deux hypothèses, le choix me semble » être d'autant moins douteux, que les nuages qui, une heure

(1) *Ann., de la soc. d'agric., d'hist. nat., etc.*, de Lyon, 26 fév. 1853.

» après la détonation entendue par Volney, envahirent l'at-
» mosphère de Pontchartrain, étaient des nuages à grêle
» très-élevés. »

Arago reconnaît cependant que l'observation de Volney est la seule dans laquelle il trouve une preuve de la possibilité du tonnerre réellement engendré dans un ciel serein.

Théorie du tonnerre. — *Opinions des anciens.* Avant d'aborder les théories qui, de nos jours, ont été produites sur la cause physique du tonnerre, il n'est pas hors de propos de jeter un coup d'œil rétrospectif sur les opinions qui avaient été émises à ce sujet par les anciens.

Nous ne nous arrêterons pas aux temps d'ignorance où l'homme rapporte tout ce qu'il ne comprend pas à l'intervention directe de la divinité; on sait, qu'à l'époque d'Homère, on croyait que le tonnerre n'était autre chose que la voix de Jupiter. Cette opinion s'est reproduite sous une autre forme pendant le moyen âge, époque qui a plus d'un point d'analogie avec celle dont nous venons de parler. Nous voyons, en effet, Bodinus attribuer le tonnerre aux démons.

Plus tard, les philosophes se sont occupés du même phénomène et y ont donné des causes variées. Suivant Anaxagore, le bruit du tonnerre résulte de l'extinction de la flamme dans l'humidité de la nue; il le compare au bruit que produit le fer rougi au feu lorsqu'on le plonge dans l'eau.

Lucrèce semble partager la même opinion : « Le même fait
» a lieu, dit-il, lorsque le brûlant essor de la foudre se préci-
» pite de nuage en nuage. Si dans l'un d'eux l'eau est très-
» abondante, elle éteint aussitôt la flamme avec un bruit
» épouvantable; tel mugit le fer, lorsque, au sortir de la four-
» naise ardente, nous le plongeons dans une onde glacée. »

Aristote croyait que le tonnerre et l'éclair étaient dus à des exhalaisons sèches qui, se trouvant comprimées dans des vapeurs humides, cherchaient à se faire jour avec violence. Le choc et la rupture du nuage causaient le bruit du tonnerre; l'inflammation des vapeurs sèches produisait l'éclair.

Plutarque regarde le tonnerre comme un effet de la chaleur.

Pour Sénèque, c'est l'air comprimé entre deux nuages qui roule de cavité en cavité ou qui s'échappe avec fracas.

Suivant Paracelse, le bruit du tonnerre retentit par tout le firmament, comme une bombarde tirée sous une voûte : le ciel est la voûte de réflexion.

Descartes, dit Arago, n'a guère fait que reproduire l'explication de l'auteur des *Questions naturelles* et essayé de la fortifier par une comparaison : « Pour les orages, dit-il, qui sont » accompagnés de tonnerre, d'éclairs, de tourbillons et de » foudre, desquels j'ai pu voir quelques exemples sur terre, » je ne doute point qu'ils ne soient causés de ce qu'y ayant » plusieurs nues l'une sur l'autre, il arrive quelquefois que » les plus hautes descendent tout à coup sur les plus basses, » en même façon que je me souviens avoir vu autrefois dans » les Alpes, environ le mois de mai, que les neiges étant » échauffées et appesanties par le soleil, la moindre émotion » de l'air était suffisante pour en faire tomber subitement de » gros tas qu'on nommait, ce me semble, des avalanches, et » qui, retentissant dans les vallées, imitaient assez bien le » bruit du tonnerre. »

Suivant de la Hire (1), la foudre n'est qu'une espèce de poudre à canon enflammée... C'est un mélange de soufre, de salpêtre ou de quelques autres matières qui leur ressemblent fort, et l'air mis en ressort par leur inflammation produit les principaux phénomènes du tonnerre. Si cet air, lorsqu'il se dilate, ne rencontre rien qui lui résiste, on voit l'éclair, mais sans entendre le bruit. S'il rencontre des nuées qui s'opposent à son mouvement, il en résulte le froissement et la collision de l'air qui cause le bruit, et ce bruit est d'autant plus grand que ces nuées formées de petites particules de glace sont moins propres à recevoir du mouvement d'un air fort enflammé.

La découverte de l'électricité est venue saper par la base toutes ces hypothèses si laborieusement construites et qui pourtant nous paraissent puériles parce qu'on nous a donné la véritable clef du grand phénomène de la foudre. Mais

(1) *Hist. de l'Acad. des sciences*, p. 13 (1702).

nous allons voir bientôt que nous ne sommes pas encore suffisamment édifiés sur la cause physique du tonnerre. La question a changé de terrain depuis Aristote, mais sans avoir trouvé une solution définitive. Nous savons que le bruit est produit par l'étincelle ; mais nous ne connaissons pas le rapport exact qui existe entre le phénomène électrique et le phénomène acoustique. Puis, les variations si singulières de ce dernier ont fortement exercé la sagacité des savants, c'est dire qu'ils sont loin d'être d'accord sur le mode de production de ces effets. Diverses théories ont été mises au jour et nous allons passer en revue les principales. Nous ne citerons que pour mémoire l'opinion de Van Mons, qui pensait que l'étincelle foudroyante *décomposait et recomposait l'eau*, et que la commotion occasionnée dans l'air par les raréfactions et les condensations qui ont lieu produisait le bruit du tonnerre.

Nous allons maintenant passer en revue les diverses théories émises sur le tonnerre depuis la découverte de l'électricité, et sur le rôle que l'écho peut jouer dans la formation du bruit de roulement.

I. Le roulement du tonnerre est dû à l'étincelle elle-même, qui traverse l'air atmosphérique ; elle refoule alors les premières molécules qu'elle rencontre et produit un vide momentané dans lequel se précipite aussitôt l'air environnant, et ainsi de suite jusqu'à une certaine distance. Le bruit résulte de cette succession de contractions et de dilatations de l'air (Becquerel).

L'étincelle, en séparant avec violence l'air qu'elle traverse, l'ébranle et produit le bruit du tonnerre, qui est d'autant plus fort que l'étincelle est plus volumineuse et que les couches d'air sont plus résistantes. Telle est la théorie qui peut-être fut la première admise lorsqu'on eut reconnu l'analogie de la foudre avec l'étincelle de nos machines. L'expérience du thermomètre de Kinnersley donnait beaucoup de poids à cette hypothèse.

Cependant M. Pouillet la combattit en objectant que si telle était la cause du tonnerre, le passage d'un boulet de canon dans l'air devrait produire un bruit analogue à celui du tonnerre, tandis qu'il ne fait entendre qu'une espèce de sif-

flement. Suivant M. Pouillet, l'électricité ne peut éclater entre deux corps qu'autant qu'il y a composition et recomposition d'électricité entre toutes les parties qu'elle traverse, et il se produit alors des vibrations plus ou moins violentes dans la matière pondérable; le bruit du tonnerre est le résultat de ces vibrations qui se propagent dans toute la masse environnante.

Dans l'une et l'autre de ces deux théories, on admet que le *roulement* du tonnerre est dû à l'inégalité du temps que le bruit emploie à parvenir à l'oreille de l'observateur.

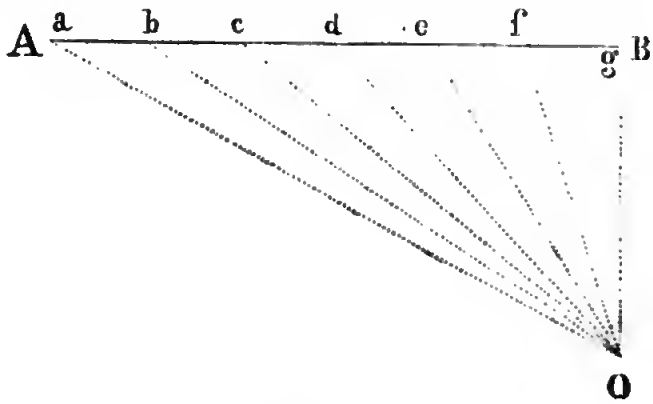

Figure 1.

Soit, par exemple, un éclair linéaire horizontal et sans zigzag AB; l'observateur placé en O, au-dessous de l'extrémité B de l'éclair, verra cet éclair dans toute sa longueur en un instant indivisible; le son se formera aussi à l'instant même sur toute la ligne de l'éclair. Mais les ondes sonores qui partent successivement des points *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, n'arriveront à son oreille que successivement. Il entendra d'abord les ondes partant du point *g*, le plus rapproché de lui, puis successivement et sans interruption les ondes partant des points *f*, *e*, *d*, *c*, *b*, *a*, points qui s'éloignent de plus en plus.

Dans cette théorie, la durée du roulement sera en raison directe de la longueur de l'éclair. Supposons que l'extrémité B de l'éclair horizontal soit à 337 mètres de lui et que l'éclair ait 3,370 mètres de longueur, il y aura d'abord éclat de lu-

mière, puis silence absolu pendant une seconde; alors commencera le bruit qui durera 10 secondes (10 × 337 mètres = 3,370 mètres).

Si l'observateur est placé en O sur le prolongement d'une perpendiculaire PO abaissée du milieu de la longueur de l'éclair A B, il entendra à la fois les ondes *d,d'*, puis les ondes *c,c'*, et les suivantes par couples; de sorte que la durée du roulement sera moitié moindre que si l'observateur était placé au-dessous de l'une des extrémités de l'éclair.

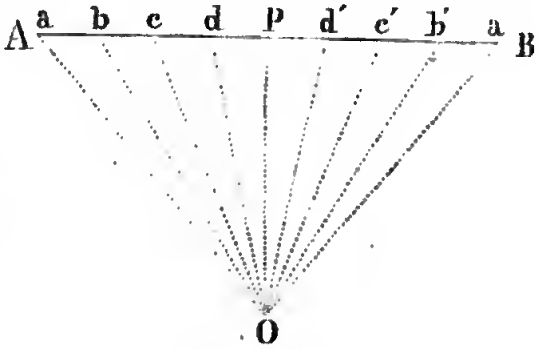

Figure 2.

Cette explication du roulement du tonnerre basée sur la longueur de l'éclair et sur le temps nécessaire à la propagation du son, paraît avoir été proposée par le docteur Robert Hooke, le premier. Elle a été bientôt adoptée par un grand nombre de physiciens, parmi lesquels nous citerons : Pouillet, Arago, Becquerel, Helvig, Coriolis, etc.

Si l'observateur était placé à une très-faible distance de la ligne droite suivie par l'éclair ou plutôt par la foudre linéaire, il entendrait une seule et énorme détonation, sans roulement, car les ondes sonores se superposant arriveraient à lui presque à la fois et pour ainsi dire en un seul bloc, à moins cependant que le point de départ ne fût très-éloigné.

Dans la théorie que nous exposons, les renforcements ou redondances du roulement du tonnerre sont attribués à la sécheresse, à l'humidité inégale, et par conséquent inégalement conductrice des couches atmosphériques que l'étincelle traverse, à la division de l'éclair en plusieurs branches d'inégal volume, mais surtout aux *zigzags* de l'éclair.

« Quand un éclair qui fuyait, si cette expression m'est » permise, dans une direction aboutissant à l'œil de l'obser- » vateur, se replie sur lui-même pour se présenter pendant

» quelques instants de face, il est de toute évidence qu'il en » doit résulter une augmentation de bruit. Il n'est pas moins » clair que cette augmentation sera suivie à son tour d'un » affaiblissement brusque, si par une seconde inflexion » l'éclair se trouve amené de nouveau à se mouvoir à peu » près dans la direction de la ligne visuelle, et ainsi de » suite (1). »

Helvig dit avoir vu distinctement un éclair qui, se dirigeant vers la terre par quatre inflexions, fit entendre autant de coups distincts et bien déterminés, sans avoir cependant la même force. — Les renforcements ou changements d'intensité du bruit reconnaissent alors deux mécanismes : les bruits sont les plus forts au sommet des angles *b*, *c*, *d*, *e*, là où les inflexions ont lieu ; car c'est en ces points que la résistance de l'air est la plus grande, par suite du refoulement et de la compression de l'air par les sections *a b*, *b c*, *c d*, *d e*, de l'étincelle.

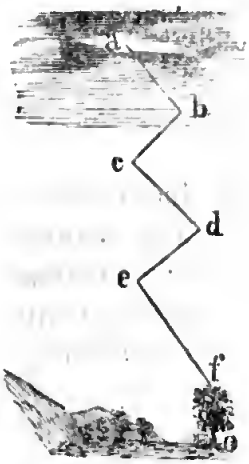

Figure 3.

En outre les portions *a b*, *c d*, *e f* de l'étincelle en zigzag, qui marchent et se présentent en quelque sorte de face et dans la direction de la ligne visuelle de l'observateur, lui feront entendre, par suite de la superposition des ondes, un bruit plus fort que les portions *b c*, *d e* qui affectent une direction contraire. On aura donc une série d'augmentations suivies chacune d'une brusque diminution. Cette explication a été plus spécialement proposée par Helvig et défendue par Coriolis (2).

On voit donc, d'après cette théorie, qu'il existerait une liaison étroite entre les éclats ou renforcements du tonnerre et les zigzags des éclairs.

Théorie de Monge. — La foudre accompagne toujours la formation subite d'un grand nuage ; l'été, lorsque après un temps

(1) Gavarret, *Traité d'électricité.*
(2) Gilb., *Ann.*, t. LI, p. 117 et 139 (1815).

sec et chaud le vent dans nos climats a tourné au sud-ouest, on entend un premier coup de tonnerre, et le ciel qui, peu de temps auparavant, était pur et serein est déjà occupé par des nuages. A mesure que l'orage avance et que les coups de tonnerre se succèdent, le ciel se couvre de nuages nouveaux qui n'existaient pas antérieurement et qui n'ont pas été apportés par les vents. Bientôt la transparence de l'air est troublée dans toute l'étendue de l'horizon ; il succède une pluie dont l'abondance est proportionnelle au nombre et à la violence des coups de tonnerre; enfin cette pluie et la formation des nuages qui y donnent lieu ne cessent que quand le tonnerre a cessé de se faire entendre. — Un de nos amis, M. Fion, avocat à Beaune, dans les lumières de qui je dois avoir confiance, m'a assuré, dit Monge, que se trouvant un jour à sa maison de campagne, dans son jardin, il entendit un premier coup de tonnerre qui tomba sur sa maison ; que, jetant alors les yeux sur l'atmosphère, il y aperçut un grand nuage, et qu'il était certain qu'un instant avant le coup le ciel était pur. — Si la foudre accompagne toujours ou comme cause ou comme effet la formation subite d'un grand nuage, le bruit du tonnerre *n'est plus celui de la foudre*; *il est celui de la formation du nuage.* En effet, lorsque, sur une étendue d'une demi-lieue carrée et sur quelques centaines de toises de hauteur, l'air atmosphérique, par quelque cause que ce soit, devient tout à coup sursaturé et qu'il se forme subitement un grand nuage, la grande quantité d'eau abandonnée et qui, en passant de l'état aériforme à l'état liquide, est réduite à un volume à peu près neuf cents fois moindre, occasionne dans l'atmosphère une espèce de vide subit; les couches supérieures par leur poids et les couches latérales par leur ressort, se transportent pour remplir ce vide et, en se choquant avec violence, elles occasionnent un bruit. C'est ce qui arrive tous les jours en petit, lorsqu'on ouvre rapidement un étui dont le couvercle ferme assez exactement ; en faisant glisser ce couvercle sur la gorge, on dilate l'air intérieur et, dès que l'étui est ouvert, l'air extérieur, en se portant avec une certaine vitesse pour remplir le vide, donne lieu à un choc et au bruit qui accompagne toujours cette opération.....

Enfin la membrane que l'on brise sur le récipient de la machine pneumatique, et qui fait un bruit considérable, est encore un exemple d'un fait analogue. Lorsqu'un premier vide est formé dans l'atmosphère sur une étendue assez grande par la précipitation de l'eau, les couches supérieures descendent par leur poids pour le remplir; mais les couches latérales se dilatent et reviennent à leur tour sursaturées ; il se produit donc au dedans d'elles une nouvelle précipitation d'eau et un nouveau vide qui étant rempli de la même manière donne lieu à un second coup, et ainsi de proche en proche. Mais les premiers vides étant remplis par des couches d'un plus grand diamètre, les vides qui leur succèdent deviennent de moins en moins intenses, à mesure que les couches où ils s'opèrent sont plus éloignées du centre, et les explosions, après s'être affaiblies, cessent enfin lorsque les dilatations de l'air ne peuvent plus donner lieu à de nouvelles précipitations. Il resterait actuellement, ajoute Monge, à déterminer si la sursaturation subite d'une grande masse d'air, et la formation d'un grand nuage qui en résulte, est produite par l'étincelle électrique qui pourrait alors être ascendante ou descendante, ou si, au contraire, cette étincelle est l'effet de la précipitation de l'eau; alors la foudre constamment produite par les mêmes circonstances serait toujours descendante. Mais les observations nous manqnent à cet égard (1).

Théorie de M. de Tessan. — On ne peut pas douter qu'un nuage ne soit un corps assez bon conducteur, puisqu'il permet l'accumulation en quantités considérables d'électricité sur les nuages. Les nuages doivent donc se dilater, et cela quelquefois de quantités énormes, quand ils viennent à être électrisés. La dilatation devant surtout se faire par les points où la charge électrique est la plus grande, et l'électricité se portant principalement vers les pointes, il doit en résulter que le nuage s'allongera toujours dans le même sens, ce qui pourrait bien être la cause de la forme pyramidale des nuages orageux et de la formation des trombes tranquilles. Si un

(1) *Annales de chimie*, 1790, t. V, p. 63, 1re série.

nuage est chargé d'électricité, presque au point de donner des étincelles, sa dilatation sera très-considérable, puisque, en certains points, la force d'expansion de l'électricité sera presque égale à la pression de l'air extérieur et que, par conséquent, la force élastique propre des nuages sera presque nulle. Si, dans cet état, une forte étincelle électrique vient à partir, le nuage sera, du moins en partie, déchargé de son électricité, et l'air extérieur n'étant plus retenu par la force expansive du fluide électrique qui lui faisait équilibre, se précipitera de toutes parts vers le nuage, surtout vers le point d'où a jailli l'étincelle; ce qui devra produire dans la région qu'il occupe un bruit très-fort et très-grave, et déterminer en outre une grande précipitation de vapeurs. N'est-ce pas là la cause du bruit du tonnerre et de l'averse qui le suit? Les états électriques des divers nuages qui composent un orage étant solidaires les uns des autres, la décharge de l'un doit souvent amener la décharge de plusieurs autres plus ou moins éloignés. D'ailleurs, les différences de densité entre l'air extérieur et celui des nuages étant très-considérables, à cause de la dilatation de ceux-ci, il doit en résulter dans la région qu'ils occupent de très-fortes réflexions et réfractions du son; ce qui causera et les éclats et le roulement du tonnerre.—Cette explication du bruit du tonnerre paraît ainsi s'accorder parfaitement avec les cinq qualités que l'oreille lui reconnaît : éloignement, direction, timbre, intensité et ton (1).

Théorie de M. Boutan.—On démontre par des expériences directes et aussi par le calcul que dans tous les corps conducteurs qui sont électrisés, le fluide libre doit se porter tout entier à la surface, où il doit former une couche d'une certaine épaisseur. On sait encore que cette couche doit varier d'épaisseur, ou, ce qui est la même chose, que l'électricité doit avoir des tensions différentes dans les différents points, suivant la forme de la surface... On peut objecter que la surface d'un nuage n'est jamais nettement définie comme celle d'un corps solide. Je vais répondre par des faits d'observation. Dans un mémoire (2), M. Schafhaeutl raconte que se

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 5 mai 1841.
(2) *Ann. de phys. et de chim.*, 1841, 3e série, t. II, p. 44.

trouvant sur le mont Brenner, muni de plusieurs instruments de physique, il fut assailli par un violent orage. Il était placé à quelques mètres seulement d'un nuage orageux ; et cependant l'air était assez sec pour que l'hygroscope ne fût pas influencé ; l'électroscope ne l'était pas davantage. Bientôt les deux appareils furent affectés simultanément, l'observateur était arrivé au sein même du nuage. Il est donc certain, d'après cette observation, que le nuage électrisé avait une surface bien déterminée qui le séparait de la masse gazeuse environnante. Ce même observateur a souvent remarqué des nuages flottant l'un sur l'autre et se poussant mutuellement sans se mêler en aucune façon. — Si l'électricité forme une couche à la surface des nuages, elle y est maintenue par la pression atmosphérique ; donc le nuage ne subit plus, de la part du milieu environnant, qu'une pression égale à la force élastique de l'atmosphère diminuée de la tension de l'électricité qui se trouve à sa surface. Mais, avant que le nuage fût électrisé, la masse gazeuse qu'il renferme avait une force expansive égale à la pression ambiante : l'équilibre existait, le nuage devait conserver sa forme et son volume; aussitôt qu'il devient électrique, sa force élastique intérieure devient prépondérante et doit faire dilater le nuage, jusqu'à ce que les deux pressions soient égales...

Supposons maintenant que par l'influence attractive de nom contraire contenue dans un nuage voisin ou dans le sol, le premier nuage se décharge de son électricité ; à ce moment la pression extérieure va l'emporter, et dès lors l'air ambiant va se précipiter dans l'air raréfié représenté par le nuage orageux. De cette rentrée subite de l'air doit résulter un choc violent, tout à fait comparable au bruit engendré dans l'expérience du *crève-vessie* et analogue aussi par l'intensité au bruit du tonnerre. La relation déjà citée du docteur Schafhaueutl fournit un fait à l'appui de cette théorie. Peu d'instants après son arrivée au sein même du nuage, dit cet observateur, circonstance qui lui fut indiquée par la divergence considérable des pailles de son électroscope, un éclair jaillit, et en même temps une décharge considérable d'eau se produisit. Aussitôt après cette décharge, l'hygroscope revint

à son point primitif et les feuilles d'or de l'électroscope se rapprochèrent comme auparavant. Le vent soufflait alors vers le centre du nuage.

M. Boutan a cherché d'un autre côté s'il ne serait pas possible, en plaçant, autant que faire se pouvait, une masse gazeuse électrisée dans les mêmes conditions que le nuage orageux, de manifester cette diminution que doit subir la force élastique du gaz électrisé pendant que l'électricité libre se trouve à la surface. A l'extrémité d'un tube de verre, on prend de l'eau de savon, et on en forme une bulle à parois minces et remplie d'air humide; pour garantir la bulle des courants d'air qui pourraient l'agiter et la faire crever, on la forme dans un grand flacon muni d'une tubulure unique; on ferme le tube avec un peu de cire molle, afin que la bulle ne diminue pas de volume, et on attend un certain temps pour que l'air intérieur de la bulle se mette en équilibre de température avec l'air extérieur. Maintenant, par un fil de cuivre revêtu de soie et terminé en pointe qu'on a eu le soin d'introduire d'avance dans l'intérieur du tube jusqu'à l'origine de la sphère, on fait arriver de l'électricité qui s'écoule librement par la pointe du fil de cuivre et se répand dans l'atmosphère humide de la bulle; celle-ci s'électrise : donc à sa surface il y a une certaine épaisseur de couche électrique. On voit, en effet, la bulle grossir, car on constate l'apparition de couleurs brillantes sur ses parois; les anneaux colorés de Newton se forment, ce qui est un signe certain de la diminution d'épaisseur de la pellicule liquide, et par suite de l'augmentation de volume de la sphère électrisée; puis, si l'on décharge brusquement la machine de son électricité, la pression atmosphérique réagit, et l'on voit la bulle crever instantanément. Ainsi, soit par des inductions tirées des lois de l'électricité statique, soit par des observations faites dans les nuages eux-mêmes, soit enfin par une expérience où les circonstances sont analogues, on parvient toujours à légitimer cette explication. Ce n'est pas tout, ajoute M. Boutan, je vais montrer encore qu'elle rend compte des moindres particularités que l'on peut signaler dans la production du tonnerre. Pourquoi le bruit persiste-t-il pendant un certain temps?

Pourquoi varie-t-il d'intensité? Comment le roulement du tonnerre peut-il prendre naissance?

Supposons un nuage électrisé qui soit à 340 mètres de l'endroit où nous sommes placés, et qui lui-même ait une longueur de 3,400 mètres; le nuage se déchargeant, l'air va se précipiter dans toute cette longueur, et le bruit se produira à la fois dans tous les points; mais à cause de la vitesse du son dans l'air, si différente de celle de la lumière, il est évident que nous n'entendrons le commencement du bruit qu'une seconde après avoir vu l'éclair, et que le bruit durera 10 secondes; voilà pour la continuité.

Expliquons le roulement. Le nuage électrisé est toujours soumis aux influences des nuages voisins qui sont généralement à des distances inégales des différents points de sa surface; par suite, la tension électrique est elle-même variable d'un point de la surface à un autre; par suite aussi la raréfaction de l'air intérieur doit changer avec la portion du nuage que l'on considère. Sans doute cette variation empêche qu'il n'y ait équilibre dans le nuage, et des courants nombreux doivent s'établir dans son sein, courants qui, au bout d'un certain temps, amèneraient un équilibre stable, si toutes les circonstances extérieures restaient les mêmes. Mais les tensions électriques latérales changent à chaque instant; et si l'étincelle part, l'air rentrant dans un milieu dont la raréfaction est inégale doit produire des chocs d'intensité variable. Par conséquent le bruit que nous entendrons pourra ressembler à un véritable roulement.

Si plusieurs nuages orageux sont à la suite l'un de l'autre, séparés par de petites distances, il doit en résulter des interruptions dans le bruit correspondant aux intervalles qui existent entre les nuages eux-mêmes. Ces moments de silence se présentent en effet assez fréquemment dans certains roulements de tonnerre.

Ces variations de volume que doit éprouver un nuage au moment de son électrisation, nous permettent de concevoir encore et d'expliquer les changements rapides de forme que nous voyons éprouver aux nuages orageux, au moment où ils arrivent au-dessus de nos têtes et qui sont devenus pour

nous des signes certains de la présence de la foudre dans leur intérieur.

Nous trouvons encore, dans cette dilatation des nuées, l'une des causes de ce grand refroidissement qui doit survenir au sein des nuées électriques pour que la grêle puisse s'y former ; car nous savons que toute matière gazeuse, pour se dilater, est obligée de convertir une portion de chaleur sensible en chaleur latente, lorsque celle-ci ne lui est point fournie par une source étrangère.

Un autre fait constant d'observation que toute autre théorie est impuissante à justifier, le fait de l'existence de vents violents, de tourbillons, quelquefois de trombes, au moment des orages, trouve ici une explication très-naturelle. Chaque nuage qui se décharge de son électricité devient un centre, un foyer d'aspiration pour les masses d'air environnantes, et de proche en proche, l'aspiration doit se continuer dans les couches atmosphériques jusqu'à de grandes distances.

II. Du rôle de l'écho dans le roulement du tonnerre. — La première détonation ayant eu lieu, plusieurs auteurs ont attribué le roulement du tonnerre aux échos, c'est-à-dire à la réflexion du son sur la surface des murs, des bois, des collines, des rochers, des montagnes... On sait, en particulier, combien le roulement du tonnerre est plus soutenu et plus terrible dans les vallées entourées de montagnes que dans les pays plats, et que dans certaines localités montagneuses un simple coup de carabine produit un bruit semblable au tonnerre le plus fort et le plus continu.

Mais, dira-t-on, on entend aussi le roulement du tonnerre en pleine mer, là où il n'existe aucun objet terrestre capable de réfléchir le son. — Les nuages jouissent-ils alors de la même propriété? Van Mons, Deluc, Monge la leur refusent. Ces brouillards mobiles dont les limites sont à peine définies, sont, disent-ils, incapables de la résistance nécessaire à la réflexion des sons. — Les marins savent bien, dit Monge, qu'un coup de canon tiré en pleine mer et loin des côtes n'est jamais entendu qu'une seule fois et sans roulement, quelque nombreux que les nuages puissent être, tandis que le ton-

nerre s'y fait entendre comme à terre par une suite de coups répétés.

Cependant plusieurs auteurs, Rohault, Kaemtz, Becquerel, Garnier et Arago, regardent la réflexion du son par les nuages comme possible, et quelques faits viennent le démontrer.

« Musschenbroek, par exemple, dit que dans la même localité où la décharge du canon ne fait entendre qu'un seul coup, quand le ciel est serein, le bruit se répète plusieurs fois si le ciel est couvert (Arago). »

Dans les expériences relatives à la vitesse du son, faites dans le mois de juin 1822, par plusieurs membres de l'Académie des sciences, Arago dit : « A Villejuif, il nous est » arrivé quatre fois d'entendre à deux secondes d'intervalle, » deux coups distincts du canon de Montlhéry. Dans deux » autres circonstances, le bruit du canon a été accompagné » d'un roulement prolongé ; ces phénomènes n'ont jamais eu » lieu qu'au moment de l'apparition de quelques nuages. Par » un ciel complétement serein, le bruit était unique et ne du- » rait qu'un instant. »

Nous sommes d'autant plus disposé à faire jouer un rôle à l'écho dans le roulement du tonnerre que, si ce roulement est souvent très-prolongé, l'écho présente souvent aussi le même caractère. Ainsi, nous avons dit que le roulement pouvait durer 45 secondes et même au delà. Or, M. William Scoresby a entendu, près des lacs de Killerney, le bruit de la décharge d'un pistolet pendant 30 secondes, bruit qui sans doute se serait prolongé plus de 45 secondes si le coup de pistolet avait été remplacé par un coup de canon.

Il est cependant une remarque de M. Arago qui semble démontrer que les roulements du tonnerre ne résultent pas toujours de simples sons réfléchis : des éclairs viennent à se succéder par un ciel uniformément couvert, les uns sont accompagnés d'un long roulement, tandis que les autres ne sont suivis que de coups secs très-forts et qui ne durent pas. Comment dès lors expliquer de si grandes dissemblances si l'on fait du roulement du tonnerre un simple phénomène d'écho ?

En dernière analyse l'écho nous paraît jouer un rôle assez important dans le roulement du tonnerre sur terre comme en pleine mer. Mais nous croyons ce rôle toujours secondaire. Ce n'est pas lui qui est la cause constante du roulement du tonnerre.

M. Kaemtz a fait intervenir les interférences des ondes sonores pour arriver à expliquer les renforcements du tonnerre.

« Comme dans tous les phénomènes compliqués, dit-il, il » y a ici deux causes agissantes : *l'écho* et *l'inégale distance* » *de l'explosion*. Mais pour expliquer leur *intensité inégale* et » les intervalles de silence suivis d'un renforcement du son, » nous sommes obligés d'admettre l'interférence des vibra- » tions sonores.

» Le son se mouvant, à partir du point où il est produit, » dans tous les sens, il en résulte des ondes sphériques qui » sont telles que si, dans un moment donné, l'air d'une série » de ces sphères est d'une densité très-faible, tandis que les » sphères qui les séparent en ont une très-forte, il en résulte » que, dans le moment suivant, ces séries changent de rôle. » Supposons qu'à une certaine distance un second système » ondulatoire de même force et de même hauteur soit en- » gendré, alors tous deux se croisent sans entraver leur » extension mutuelle ; mais, sur certains points déterminés » dans chaque système, il y a une grande différence dans » l'intensité du son. Car dans les points où les deux systèmes » rendent l'air alternativement plus dense et moins dense, » le mouvement est plus rapide et le son plus intense que s'il » n'y avait qu'une seule onde sonore. Dans d'autres points » ces deux systèmes se rencontrent et tendent, l'un à con- » denser, l'autre à raréfier l'air; ils agissent par conséquent » en sens opposés. Si leurs actions sont égales, leurs effets » se détruisent; sont-elles inégales, il ne reste que l'excès » de la plus forte sur la plus faible : nous trouverons donc » une série de points où le son sera plus fort et plus faible, » suivant les circonstances, comme s'il n'y avait qu'un seul » son originel... On peut se figurer les deux centres de ces » systèmes d'ondulation comme placés à l'extrémité des

» deux branches d'un diapason ; si on les met en mouvement
» et qu'on fasse tourner en même temps le diapason autour
» de son axe, on entendra des accroissements et des affaiblis-
» sements très-réguliers du son.

» Chaque point que l'éclair frappe devient le centre d'un
» système ondulatoire. Toutefois, nous admettons, pour plus
» de simplicité, que les angles seuls du zigzag soient les
» centres de pareils systèmes. Le bruit du tonnerre arrive de
» l'angle le plus rapproché du zigzag, puis d'un second
» point. Si les ondes se rencontrent, le son sera renforcé ; si
» cela n'arrive pas, il sera affaibli ou nul et recommencera
» avec une nouvelle intensité quand les ondes correspon-
» dantes d'un ou de plusieurs systèmes d'ondulation se ren-
» contreront. »

C'est ainsi que M. Kaemtz se rend compte des différents caractères du tonnerre, de son roulement et de ses renforcements... et explique comment le roulement est bien plus marqué pendant les orages éloignés que dans ceux qui éclatent dans le voisinage de l'observateur. En effet, ajoute-t-il, ces interférences ont lieu surtout quand les ondes sont comprises dans un angle aigu ; ce qui arrive plus souvent avec des éclairs éloignés que quand ils sont rapprochés.

Théorie de l'auteur. — Pour nous, voici la manière dont nous nous rendons compte du tonnerre et de ses modifications.

Une balle est lancée contre une cible par une arme à feu. Supposons que nous soyons placé près de la cible et latéralement à la direction que suit la balle ; nous entendons le sifflement de la balle qui fend l'air, puis le choc de la balle contre la cible, et plus tard la détonation de l'arme.

Ainsi : 1° la foudre, en frappant un bâtiment, par exemple, fait entendre aux personnes qui s'y trouvent des bruits très-variés dans leur intensité et dans leur nature, suivant les corps atteints par la décharge.

2° Si la foudre passe très-près de l'observateur, il entend un *sifflement* analogue à celui de la balle.

3° En traversant les régions plus élevées de l'atmosphère, la foudre produit le craquement déchirant, le fracas si connu, bruit sec, sans retentissement, et que l'on n'entend que si l'on se trouve à peu de distance de l'endroit. Ce bruit est causé par l'étincelle qui de chaque point de son parcours frappe les molécules de l'air et forme un vide dans lequel se précipite l'air ambiant. Les inégalités de ce choquement sont dues plus particulièrement aux zigzags de l'éclair.

Ces trois bruits sont dus à l'étincelle elle-même. — Quant au quatrième bruit, à celui du tonnerre, il se produit dans la nuée orageuse. Le son grave et retentissant du tonnerre proprement dit, nous croyons qu'il est dû à la rentrée de l'air dans le vide qui survient dans un nuage électrisé au moment du départ de l'étincelle. — Le roulement et les renforcements sont dus aux chocs analogues qui surviennent successivement dans les nuées par suite de décharges s'effectuant de proche en proche. La réflexion des sons sur les corps terrestres et sur les nuées, ainsi que l'interférence des rayons sonores, viennent apporter leur contingent d'influence pour modifier la force, la durée et le timbre du tonnerre.

CHAPITRE V

FOUDRE EN GLOBE

Sommaire. — *Observations.* — Foudre en globe descendante. — Foudre en globe ascendante. — Foudre en globe se mouvant de haut en bas et de bas en haut à plusieurs reprises. — Foudre en globe entre deux nuages. — Effets divers. — Effets sur les églises, les clochers, les tours, les autres édifices, les maisons, les tentes, les meules de foin, les arbres, les fours à tuiles. — Chute de la foudre en globe sur des paratonnerres. — Chute de la foudre en globe sur un appareil électrico-atmosphérique. — Foudre en globe parcourant les armatures naturelles des bâtiments.

Histoire générale. — Caractères Nombre. Forme. Volume. Mouvement propre. Jet de flamme et d'étincelles. Division. Sifflement. Bruit de torrent. Odeur, vapeur, fumée Direction. Passage à travers des orifices. Mouvement de translation. Vitesse. Disparition. Bruit d'explosion. — Effets généraux sur le sol, les édifices, les maisons, les navires. — Perforations, brûlures. — Effets sur l'homme. — Action des paratonnerres sur la foudre en globe. — Rapport entre la foudre en globe et les orages. — Rapport entre l'apparition du globe, l'éclair, le tonnerre et le foudroiement. — Éclairs à plusieurs branches dont quelques-unes sont terminées en boule. — Foudre globulaire des éruptions volcaniques. — Foudre en globe des tremblements de terre. — Foudre en globe sous la forme de nuage roulant. — De la nature de la foudre en globe.

Nous appelons foudre en globe une classe de météores produisant le plus souvent les effets généralement attribués à la foudre vulgaire, et présentant certains caractères particuliers, bizarres, entre autres celui de se montrer sous la forme d'une boule, d'une sphère, d'un globe, et de se mouvoir avec une vitesse toujours bien moindre que l'éclair linéaire.

Nous allons en donner quelques observations, puis nous en exposerons l'histoire générale.

SECTION I. — OBSERVATIONS

ART. 1er. — TRAJET ATMOSPHÉRIQUE

Foudre en globe descendante. — 1. Le professeur Schübler rapporte que pendant l'orage du 31 mai 1823, qui causa des dommages en plusieurs endroits par la foudre et par la grêle, on vit à Simmersfeld, dans la Forêt-Noire, vers huit heures du soir, au moment où l'orage était le plus proche et vers le sud, deux éclairs d'une forme extraordinaire qui se succédèrent à cinq ou six minutes d'intervalle. Ces éclairs formaient une traînée de feu qui se dirigeait vers la terre et à l'extrémité de laquelle on remarquait un *globe enflammé.*

Ce globe brillait d'un éclat plus étincelant encore que la traînée de feu même. La trace du premier éclair se dirigeait en ligne droite; celle du second allait en zigzag. On croyait voir des *fusées de feu d'artifice*. Ces deux éclairs furent accompagnés de tonnerre; mais ce ne fut ni avec la vitesse ni avec la force qu'on a coutume de remarquer, lorsque le tonnerre tombe. Aussi n'apprit-on pas qu'on eût été foudroyé dans les environs de Simmersfeld.

2. Le 16 juillet 1750, au milieu d'un épouvantable orage, on vit à Dorkin (Surrey), comme des *tourbillons* et des *globes de feu* qui en tombant sur plusieurs maisons s'éparpillaient dans toutes les directions (1).

3. En décembre 1752, pendant un orage qui fit beaucoup de dégâts près de Ludgwan (Cornouailles), on aperçut à plusieurs reprises des *boules de feu* parfaitement distinctes se précipiter des nuages vers la terre (2).

4. Le 17 septembre 1780, à East-Bourn (Sussex), la matinée était très-orageuse; vers neuf heures, parut un affreux nuage noir; James Adair vit alors d'une fenêtre plusieurs *boules de feu* s'échapper successivement de ce nuage et tomber dans la mer, peu d'instants après il tomba lui-même foudroyé (Brereton) (3).

5. Le docteur Kästner à vu, à onze heures du soir, pendant un orage, une *masse de feu* (*Klumpen Feuer*) qui éclata dans l'air avec un effroyable bruit de tonnerre et, comme une raquette, lança tout autour d'elle une multitude d'étincelles. Une maison très-voisine de celle qu'il habitait fut atteinte par la foudre qui n'était sans doute qu'une des divisions du météore igné dont il vient d'être fait mention (4).

6. Suivant le récit de M. de Raumer, il y eut, le 14 janvier 1824, à Heiligenstadt, un grand orage avec grêle, éclairs et tonnerre. La nuit, vers onze heures trente minutes, on vit tomber d'une hauteur qui n'était pas très-considérable, une grosse masse de feu qui éclaira tous les lieux d'a-

(1) W. Child, *Philos. trans.*, p. 309 (1755). *Abridg.*, t. X, p. 634.
(2) Arago, *Notice*, p. 260.
(3) *Philos. trans.*, t. LXXI, p. 42 (1781).
(4) *Hamb. magaz.*, t. IX, p. 361 (1752).

lentour et fit entendre en disparaissant un bruit éclatant comme celui du canon (1).

7. Dans le terrible ouragan de la Barbade, en 1831, on vit à Saint-Vincent des *météores de feu* tomber du ciel; un surtout, sous la forme d'un *globe ardent* et d'un rouge vif, descendait perpendiculairement d'une immense hauteur. En approchant de la terre avec une vitesse croissante, il devint d'une blancheur éblouissante et prit une forme allongée; quand il toucha le sol, il se répandit autour de lui en rejaillissant comme un métal en fusion et il s'éteignit sur-le-champ. Sa forme et sa grandeur le faisaient ressembler à un baril ordinaire; son aspect brillant et le rejaillissement de ses parcelles, à un morceau de mercure d'une grosseur égale à celle d'un baril... Quelques instants après l'apparition du phénomène, le bruit étourdissant du vent se changea en un mugissement lointain, et pendant une demi-minute environ des flammes éblouissantes s'élancèrent tout à la fois de la terre et des nuages qui semblaient toucher les toits des maisons et se réunirent dans l'air où elles traçaient d'effroyables sillons de feu... (W. Reid) (2).

8. « Je demeure, dit madame Espert, cité Odiot, n° 1, au deuxième étage, d'où j'ai la vue sur les terrains Beaujon. C'était au mois de juin 1849, le 16, je crois, à 6 heures 30 minutes du soir, le jour même où le choléra sévissait si fortement dans Paris. La température était suffocante, le ciel paraissait calme dans ce moment, mais on voyait des éclairs de chaleur de tous côtés. Passant devant ma fenêtre, qui est très-basse, je fus étonnée de voir comme *un gros ballon rougé*, absolument semblable à la lune lorsqu'elle est colorée et grossie par des vapeurs. Ce ballon descendait lentement et perpendiculairement du ciel sur un arbre du terrain Beaujon. Ma première idée fut que c'était une ascension de M. Grimm; mais la couleur du ballon et l'heure me firent penser que je me trompais, et pendant que mon esprit cherchait à deviner ce que cela pouvait être, je vis le feu prendre

(1) *Bull. univ.*, P. Math., p. 246.
(2) *Théorie des orages, Écho du monde savant*, p. 234 (1839).

au bas de ce globe suspendu à 15 ou 20 pieds au-dessus de l'arbre. On aurait dit du papier qui brûlait doucement avec de petites étincelles et flammèches; puis, quand l'ouverture fut grande comme deux ou trois fois la main, tout à coup une détonation effroyable fit éclater toute l'enveloppe et sortir de cette machine infernale une douzaine de rayons de foudre en zigzag qui allèrent de tous côtés et dont l'un vint frapper une des maisons de la cité, n° 4, où il fit un trou dans le mur, comme l'aurait fait un boulet de canon : ce trou existe encore; enfin, un reste de matière électrique se mit à brûler avec une flamme blanche, vive et brillante, et à tourner comme un soleil de feu d'artifice. Ce phénomène dura plus d'une minute. C'était un si beau spectacle, que je n'eus pas même l'idée du danger ni de la peur; je ne pouvais que m'écrier : Que c'est beau! que c'est beau! Cependant la détonation avait été si forte qu'elle avait renversé trois hommes dans la rue et jeté une vive émotion dans la cité et dans le quartier. Ma cuisinière fut presque asphyxiée par un rayon de foudre qui passa devant sa fenêtre. La concierge laissa tomber un plat qu'elle tenait à la main, ne pouvant dire si c'était la peur ou la commotion d'un autre rayon de foudre qui descendit le grand escalier de la rue sur le palier duquel elle se trouvait. Un autre rayon de foudre entra dans la pension de madame Loiseau, rue Neuve-de-Berry, où il blessa une des institutrices; et tous les habitants du n° 4 se précipitèrent effrayés dans la cour, mais sans blessure. Tout Paris retentit du bruit affreux de ce terrible coup de tonnerre (1). »

Boule remontante. — La foudre globulaire est quelquefois remontante, c'est-à-dire qu'après être descendue elle remonte sans avoir touché le sol; car si elle le frappe et remonte, nous lui donnons le nom de *rebondissante*.

La foudre en globe remontante a été observée dans les régions élevées de l'atmosphère auprès du sol. Ainsi :

1. M. d'Abbadie dit n'avoir observé en Éthiopie qu'un seul *éclair en boule*: ce fut le 24 mars 1847. L'éclair était remon-

(1) *Comptes rendus*. t. XXXV (1852).

tant, il avait la forme d'un têtard qui aurait eu la queue tournée vers la terre (1).

2. M. Hapouele, propriétaire instruit du département de la Moselle, a décrit le phénomène suivant dans une lettre à Arago :

« Vers les deux heures d'une journée de l'été de 1837, que je ne puis préciser, j'étais devant la porte de mes écuries, abritée par un avant-toit, ayant devant moi, à une certaine distance, une maison d'habitation dont la porte était ouverte. Entre ce bâtiment et la place que j'occupais il y avait une vaste mare de fumier. Tout à coup, et par un épouvantable éclat de tonnerre, je vis descendre dans une direction un peu oblique et vers le milieu du tas de fumier, à 12 mètres de moi, une *boule lumineuse* de la grosseur d'une belle orange. Je croyais la voir pénétrer dans le fumier; mais, arrivée à un mètre de distance, elle prit une direction parfaitement horizontale parallèle au sol et vers la porte qui venait d'être fermée à l'instant par ma femme; arrivée à 15 mètres de la maison, la boule électrique, reprenant la même obliquité qu'elle avait en descendant, remonta vers les nuages en passant à un demi-mètre de la corniche voisine du toit; à 50 mètres de hauteur, je la perdis de vue. »

Il est vraiment remarquable que ce météore n'ait pas suivi sa première direction pour se jeter dans la mare de fumier, dont le liquide paraissait assez bon conducteur pour l'attirer.

Foudre en globe ascendante. — Plusieurs fois on a vu des globes de feu s'élever du sol dans l'atmosphère.

1. M. Hogard, ancien officier d'artillerie, raconte que le 26 août 1821, à Épinal, étant près d'une fenêtre pendant un orage, il vit un *globe de feu* de 4 pouces de diamètre environ, qui s'élevait vers les nuages, sous un angle de 50 à 60 degrés, et avec un sifflement analogue à celui des fusées d'artifice. Au même instant, il éprouva une commotion électrique si forte qu'il s'en ressentit pendant plusieurs jours.

(1) *Comptes rendus*, t. XXXIII, p. 894 (1852).

L'explosion qui suivit de près cette apparition fut semblable à celle d'un mortier (1).

2. Le professeur Schübler rapporte que le 29 août 1823, auprès de Giengen, au pied sud-ouest de l'Alp, on vit s'élever dans le ciel, du nord-ouest au sud-ouest, une *masse ronde enflammée* qui alla se perdre sans bruit ni sifflement au milieu de nuages qui occupaient tout l'horizon occidental presque jusqu'au zénith (2).

3. La scène suivante est racontée par l'abbé Spallanzani dans une lettre au P. Barletti, elle s'est passée près de Ginepreto, non loin de Pavie, le 29 août 1791, pendant un violent orage avec éclairs et tonnerre. — A cent cinquante pas d'une ferme, paissait dans un pré un troupeau d'oies; une jeune fille de douze ans et une autre plus jeune accoururent de la ferme pour faire rentrer les oies. Dans ce même pré se trouvaient un jeune garçon de neuf à dix ans et un homme qui avait dépassé la cinquantaine. Tout à coup apparut sur le pré, à 3 ou 4 pieds de la jeune fille, *un globe de feu*, de la grosseur des deux poings, qui, glissant sur le sol, courut rapidement vers ses pieds nus, s'insinua sous ses vêtements, sortit vers le milieu de son corsage, tout en gardant la forme globulaire, et s'élança dans l'air avec bruit. Au moment où le globe de feu pénétra sous les jupons de la jeune fille, ils s'élargirent comme un parapluie qu'on ouvre. Ces détails furent donnés, non par la patiente, qui tomba instantanément à terre, mais par le petit garçon et l'homme mentionnés; interrogés séparément, ils rapportèrent le fait identiquement de la même manière. « J'avais beau leur demander, dit Spallanzani, si dans ce moment ils avaient vu une flamme, une lumière vive descendre, tomber des nues et se précipiter sur la jeune fille, ils me répondaient constamment non, mais qu'ils avaient vu le globe de feu aller de bas en haut et non de haut en bas. » On trouva sur le corps de la jeune fille, qui d'ailleurs reprit bientôt connaissance, une érosion superficielle s'étendant du genou droit jusqu'au milieu de la

(1) Parisot, *Ann. de chimie et de phys.*, t. XIX, p. 56 (1822).

(2) *Sur les orages de l'année 1823 dans le Würtemberg, Bull. univ.*, P. Mathém, t. II, p. 302 (1824).

poitrine, entre les seins; la chemise avait été mise en pièces dans toute la partie correspondante et les traces de brûlure qu'elle présentait disparurent à la lessive. On remarqua un trou de deux lignes de diamètre qui traversait de part en part la partie du vêtement appelée *pectorine* (pettorina del busto). Le docteur Dagna, médecin du pays, ayant visité la blessée peu d'heures après l'accident, trouva, outre l'érosion déjà signalée, plusieurs stries superficielles, serpentantes et noirâtres, traces des divisions du rameau principal de la foudre. Le pré, à l'endroit même de l'accident, n'a présenté aucune altération, aucune trace du passage du météore (1).

4. S'il faut en croire quelques relations, on aurait surpris la foudre ascendante en globe au moment de sa naissance, et on l'aurait vue se former à très-petite distance du sol, à la surface du pavé d'une salle; on l'aurait vue sortir du plancher d'une église, d'un puits (2), d'une excavation remplie d'eau croupissante ou d'eau pluviale; on l'aurait aussi vue naître d'un terrain humecté par de l'eau de fumier (3), ou bien, au contraire, d'un tison à demi consumé ou d'un brasero (4). Rapportons ces faits en en laissant toute la responsabilité aux auteurs qui nous les ont transmis et qui les ont observés.

5. L'abbé Girolamo Lioni da Ceneda dit avoir vu lui-même, près de Venise, à deux coudées de terre, une flamme d'une extrême vivacité s'élever, disparaître, et qu'immédiatement après on entendit un bruit épouvantable.

6. Dans une lettre à Vallisnieri, en date du 10 septembre 1713, Maffei rapporte que s'étant arrêté peu de temps auparavant au château de Fosdinovo, sur le territoire de Massa-Carrara, pendant un orage et une pluie en quelque sorte diluvienne, il fut reçu par la maîtresse du château dans une salle du rez-de-chaussée; que là, lui et le marquis de Malaspina virent subitement apparaître à *la surface du pavé* un feu (un *fuoco*) très-vif, d'une lumière en partie blanche et en par-

(1) *Opusc.*, t. XIV, p. 296.
(2) *Mém. de l'Acad. des sc. de Turin*, séance du 29 juillet 1798, t. XIV, p. 13 (1805).
(3) *Journal de physique*, t. XX, p. 365.
(4) *Opusc. scient. di Bologna*, t. II, p. 27 (1818).

tie azurée; que le feu semblait fortement agité, mais sans mouvement progressif; qu'il se dissipa comme il était né, je veux dire tout à coup, mais après avoir acquis un grand volume. A ce dernier moment, Maffei sentit derrière son épaule, de bas en haut, un chatouillement particulier; des plâtras détachés de la voûte de la salle tombèrent sur sa tête; enfin il entendit un craquement, un bruit qui était différent, toutefois, du roulement habituel de la foudre.

7. Deux observantins, professeurs de philosophie, virent à Lucques, en juin 1724, un petit *globe de feu* se former à la surface du sol et s'élever rapidement. Bientôt après ils entendirent le bruit d'une explosion (Bertholon.)

8. A Erbezo, dans le Véronais, un prêtre nommé Piccoli aurait fait la même observation.

9. En 1750, le 2 juillet, à trois heures environ après-midi, l'abbé Richard se trouvait pendant un orage dans l'église Saint-Michel de Dijon. « Tout à coup, dit-il, je vis paraître, » entre les deux piliers de la grande nef, une flamme d'un » rouge assez ardent qui se soutenait en l'air à 3 pieds du » pavé de l'église; elle s'éleva ensuite à la hauteur de 12 à » 15 pieds en augmentant de volume, et après avoir » parcouru quelques toises en continuant de s'élever en dia- » gonale, à la hauteur à peu près du buffet de l'orgue, elle » finit en se dilatant par un bruit semblable à celui d'un ca- » non que l'on aurait tiré dans l'église même (1). »

10. Le 1er mai 1746, la foudre atteignit l'église d'Osterwahla en Westmanie. Aussitôt après le coup, la femme du sonneur et sa servante entrèrent dans l'église. Elles y avaient fait à peine cinq ou six pas qu'elles furent épouvantées par un second coup de tonnerre, et virent une grosse masse de feu *sortir du plancher de l'église* et se diriger sur la porte par laquelle elles venaient d'entrer; toutes deux entendirent un bruit semblable à celui d'un torrent. Au même instant le vicaire, qui était dans la cour du presbytère, vit un *globe de feu* sortir de la tour de l'église que le premier coup de foudre avait frappée, et s'évanouir dans l'air (2).

(1) Richard, *Hist. de l'air*, t. VIII, p. 290.
(2) *Collect. académique, pal.*, t. XI, p. 16.

11. Au rapport de Jos.-Mar. Bachetonus, un violent orage éclata sur Bologne, le 21 juillet 1745, et la foudre frappa une tour attenant à un monastère de femmes. Or, suivant plusieurs témoins dignes de foi, la foudre *sortit d'une excavation souterraine où se rendaient les eaux de la voie publique*, sous la forme d'un énorme *globe de feu* qui prit sa course au-dessus de la surface du sol et se jeta bientôt avec furie sur la tour mentionnée dont une grande partie s'écroula; aucune personne ne fut blessée.

Une religieuse avancée en âge affirma à Bachetonus avoir vu, plusieurs années auparavant, un météore entièrement semblable au précédent *sortir du même endroit* et aller frapper avec grand bruit le sommet de la même tour, mais sans la démolir (1).

12. Au milieu d'une horrible tempête, le docteur Gardino vit plusieurs *globes de feu* voltiger de tous côtés à une petite distance du sol, en faisant entendre un bruit de crépitation. Ces foudres *sorties de terre*, ajoute-t-il, tuèrent des animaux, endommagèrent des arbres et des maisons; un homme fut tué dans son lit. Enfin, au dire de plusieurs témoins, l'une de ces foudres ascendantes *sortit d'une excavation remplie d'eau croupissante* sous la forme d'un *globe rond* d'un pied de diamètre, qui, après avoir glissé sur le sol humecté par l'eau putride, s'éleva le long du mur d'une maison et détona violemment au niveau du toit. Le docteur Gardino put constater lui-même le trajet du météore sur la surface du mur, et vit une des tuiles du toit percée d'un trou rond d'un pouce de diamètre.

13. Au mois de février 1767, à Presbourg, une flamme bleue, conique, *s'échappa à l'improviste et avec détonation d'un brasero*, en brisant le récipient qui était de terre et éparpillant les charbons enflammés. Cette flamme serpenta très-rapidement dans la chambre, brûla le visage et les mains d'un enfant, s'échappa, partie par la fenêtre, partie en rampant par une porte, brisa en mille pièces un autre brasero dans une chambre voisine, et sortit enfin par le tuyau de la

(1) *Bononiens, Comment.*, t. II, § 1, p. 460.

cheminée, en jetant dans la rue des jambons attachés sous le manteau de cette cheminée. On sentit pendant quelques heures une odeur de soufre (1).

14. Le fait suivant a été consigné par Ant.-Max. Lorgna, dans une lettre à Volta. Pendant un violent orage qui eut lieu le 27 avril 1782, sur les 5 heures du soir, à deux milles environ de Vérone, on vit tout à coup une flamme sortir du milieu d'une cour fermée de murs et dont le sol était encore humecté par un amas de fumier récemment enlevé. Cette flamme se répandit promptement dans tout l'espace que le fumier avait occupé et même un peu au delà ; elle monta à 5 ou 6 pieds de terre et éclata heureusement près de l'angle de la cour le plus éloigné de la maison avec un bruit semblable à celui d'un coup de tonnerre ; la maison en trembla. Une jeune fille et son frère en ressentirent une violente commotion, et un gros pilastre de la porte qui menait aux champs fut entièrement détruit (2).

Foudre en globe se mouvant de haut en bas et de bas en haut à plusieurs reprises.— Sept personnes étaient réunies dans un salon, au rez-de-chaussée, d'une maison de campagne près de Marseille, lorsque, pendant un violent orage, elles virent entrer la foudre sous la forme d'un globe de feu du diamètre d'une assiette. Le météore se dirigea sur une jeune fille de dix-huit ans, qui, frappée de terreur, s'était jetée à genoux, l'atteignit aux pieds, puis rebondit jusqu'au plafond, et se mut ainsi trois ou quatre fois, avec une sorte de régularité, en frappant alternativement le plafond et les pieds de la jeune fille, sans qu'elle éprouvât pendant cette action d'autre sensation qu'une légère crampe aux jambes. Les témoins de ce phénomène n'éprouvèrent aucun mal. Le globe de feu sortit par le trou d'une serrure. Quant à la jeune fille, elle ne put se relever immédiatement. Pendant plus de quinze jours, elle ne put marcher qu'aidée par les bras qui la soutenaient, et pendant deux ans, au mo-

(1) Sauri, *Cours de phys.*, IV, p. 56. *Note de l'Observ. d'Oristi, Opusc. scient. Bologne*, t. II, p. 28 (1818).
(2) *Journ. de phys.*, t. XX, p. 365.

ment où elle s'y attendait le moins et à des intervalles plus ou moins longs, elle s'affaissait sur elle-même et tombait, si personne n'était là pour la soutenir.

Ce fait m'a été communiqué par une personne qui m'inspire toute confiance, mais qui n'en a pas été témoin. Au reste, ce ne serait pas l'unique fois que l'on aurait vu la foudre en globe passer par un orifice étroit. Nous savons aussi qu'il n'est pas rare de la voir rebondir, même à plusieurs reprises; mais ce serait pour la première fois, à notre connaissance du moins, qu'on l'aurait vue affecter ce curieux mouvement de va et vient.

Foudre en globe entre deux nuages. — 1. Le 22 septembre 1803, à 7 heures du soir, à Belfort, N.-C.-Louis Ordinaire a vu, par un ciel très-obscur, un globe de feu qui sortit d'un nuage au zénith et se précipita dans un autre. Il était d'une couleur rouge jaunâtre extrêmement brillante et illumina le terrain. — Il semblait avoir 6 à 8 pieds de diamètre. — Il a été visible pendant au moins une minute. Il s'est précipité dans un autre nuage en roulant sur lui-même et formant un demi-cercle. L'observateur le perdit de vue sur un bois à 200 pas de lui, et il présume que c'est là ou à peu près qu'eut lieu l'explosion. Elle fut accompagnée d'un bruit sourd comme celui d'un coup de canon dans le lointain(1) .

Lalande a cité trente-six observations pareilles dans la Connaissance des Temps de l'an VII et de l'an X.

2. Un soir, à l'Ile-de-France, en 1770, les nuages, comme on pouvait en juger par les montagnes du port, descendaient jusqu'à la faible hauteur de 400 mètres; la pluie était très-abondante. « Il éclairait beaucoup ; mais les éclairs, loin de » ressembler aux éclairs ordinaires, n'étaient autre chose » que de très-gros *globes de feu* qui paraissaient subitement » et disparaissaient de même sans explosion (2) » (Le Gentil).

3. Le 1er mars 1774, près de Wakefield, à la suite d'un violent orage et lorsqu'il ne restait plus dans le ciel que deux nuages peu élevés au-dessus de l'horizon, M. Nicholson

(1) *Magaz. encycl.*, t. III, p. 537 (1803).
(2) Arago, *Notice*, p. 260.

voyait à chaque instant des météores semblables à ceux qu'on appelle *étoiles filantes* descendre du nuage supérieur au nuage inférieur (1).

4. Au dire de Scheuchzer, les chasseurs de chamois et les habitants des Alpes voient quelquefois, pendant les orages, la foudre éclater près d'eux et au-dessous d'eux sous la forme d'une boule de feu qui lance des étincelles en bas, en haut et de tous les côtés (2).

5. Cornuel cite l'apparence singulière d'un éclair qui ressemblait à un jet de métal fondu et qui parut entre deux nuages, sans bruit ni fulguration.

6. Le 2 septembre 1716, vers 3 heures de l'après-midi, un voyageur descendait, avec un homme du pays, du haut du Cantal pour aller aux eaux de Vie ; bientôt ils entrèrent dans les nuées qu'ils avaient d'abord vûes au-dessous d'eux. « Le brouillard était si épais qu'il ne leur permettait pas de » voir la bride de leurs chevaux, mais ils virent *quantité de* » *corps globuleux* qui voltigeaient de divers côtés dans la nue; » leur couleur était rougeâtre et obscure, semblable à celle du » soufre allumé; ils tournaient avec beaucoup de rapidité autour » de leur centre. Il y en avait de différentes grandeurs, et l'on » en vit un croître considérablement en fort peu de temps. » Lorsque ces boules passaient, il tombait des gouttes de » pluie aux environs. Jusque-là rien n'avait épouvanté ; mais » peu à peu on vit un de ces globules, qui avait environ 2 pieds » de diamètre, s'ouvrir à sept ou huit pas de là, et laisser couler » en s'ouvrant une flamme vive dont quelques parties allèrent » en bas, d'autres en divers sens. Le globe en s'ouvrant fit un » bruit pareil à celui d'une livre de poudre jetée sur le feu ; il » s'enflamma et s'écarta rudement. »

Alors l'air devint infect : « les parties qui s'étaient sépa- » rées de la boule s'étendirent en devenant plus claires et » disparurent aussitôt (3). »

(1) Arago *Notice*, p. 261.

(2) Schw. M.G esch., II, p. 54. *Météorol.*, p. 24. Reimarus, p. 20 (1773).

(3) Lozeràn de Fech, *Dissertation sur le tonnerre*, prix de l'Acad. de Bordeaux, t. II (1726). — *Journal des savants*, p. 235 (1738). — *Leç. de phys. de Jos. Privaz de Molière*, t. III.

ART. 2. — EFFETS DIVERS.

1. Le 27 juillet 1691, à Everdon. dans le comté de Northampton, une *boule de feu* tomba au milieu d'un groupe de moissonneurs, et éclata en nombreux rayons qui tuèrent ou blessèrent plusieurs d'entre eux. (Voyez *Blessures punctiformes*. (Wallis.)

2. Au rapport du Rév. Jos. Wasse, un violent orage éclata, le 3 juillet 1725, sur le territoire d'Aynho, dans le Northamptonshire, et la foudre tua, à Mixburg, un berger et cinq moutons. A peu près au même moment, un marchand de cette ville vit un *globe de feu* gros comme la tête d'un homme éclater en quatre fragments près de l'église. Enfin Jos. Wasse lui-même remarqua à Aynho un autre *globe de feu* gros comme la lune, et entendit le sifflement qu'il produisit en passant au-dessus de son jardin.

3. M. Hearder, de Plymouth, cité par sir Harris, se trouvait sur une des collines de Dartmoor, lorsqu'une nuée orageuse qui avait déjà lancé des éclairs s'en approcha. Tout à coup, avec un craquement et une explosion terribles, une masse énorme comme de matières fortement embrasées, et suivie d'un torrent lumineux, frappe un sentier tout près de l'observateur, se précipite sur toute sa longueur et disparaît dans un ruisseau au pied de la colline.

4. Le 1er août 1826, vers six heures du soir, un homme et deux jeunes garçons conduisaient, non loin de Worcester, un attelage composé de trois chevaux, quand tout à coup gens et chevaux furent renversés par la foudre. Un cheval fut tué, les deux autres furent blessés ; l'homme fut grièvement blessé et les deux garçons restèrent intacts, et l'un d'eux affirma que la foudre avait joué pendant quelques secondes autour d'eux avant de les renverser (Howard).

5. Le tonnerre grondait depuis quelques instants, mais il ne pleuvait pas encore; tout à coup la foudre tomba à Hautefeuille, canton de Charny (Yonne). sur un gros chêne dont l'écorce fut séparée du bois ; celui-ci fut desséché, fendu, suivant un grand nombre de rayons.

Prenant alors la forme d'un *globe de feu* de 50 centimètres environ de diamètre, le météore roule sur le sol, se dirige vers la cour d'une ferme située à plus de 300 mètres, menace de pénétrer dans une grange, et comme après un moment d'hésitation, se précipite dans un abreuvoir où il disparaît. Il avait l'air de tourner avec une grande rapidité sur lui-même et semblait lancer tout autour de lui la terre du sillon qu'il creusait dans le sol en brûlant l'herbe sur tout son parcours. Aucun vestige de fumée ne fut laissé derrière lui. La durée de cet imposant spectacle, autant que l'émotion des témoins leur permit de l'apprécier, depuis le moment de la chute de la foudre sur le chêne jusqu'à la disparition du globe de feu dans l'abreuvoir, leur parut être de plus d'une minute. (Séguier.)

6. Le phénomène suivant a été observé à Lyon, le 29 novembre 1849, à neuf heures et demie du soir, par un temps calme, *un ciel pur* et une température très-froide. On vit alors une grosse masse ignée, avec un éclat éblouissant comme celui du soleil, traverser obliquement de l'ouest à l'est la presqu'île de Perrache et tomber dans le fossé du fort. Immédiatement averti du fait, M. Ledoux (1), capitaine du génie, se munit d'une lanterne pour se rendre à l'endroit indiqué comme étant celui de la chute. Là se trouvait une sentinelle, à 1 mètre de distance du point où le globe s'était éteint, après avoir tourné deux ou trois fois sur lui-même, sans faire entendre le moindre bruit, sans imprimer à l'homme aucune commotion, mais en exhalant une odeur analogue à celle du soufre en combustion. Dans son trajet atmosphérique, ce météore avait été suivi d'une traînée vaporeuse. M. Ledoux fit sur-le-champ de nombreuses recherches qu'il recommença le lendemain matin pour s'assurer s'il ne s'agissait pas d'un aérolithe; mais aucun résidu, ni même aucune trace laissée sur le sol, ne vint déceler la présence d'un corps solide quelconque de nature à pouvoir être attribuée au météore.

M. Ledoux ajoute que, dans cette journée du 29, le calme ne régnait pour ainsi dire qu'aux alentours de Lyon; car plus loin, sur le littoral méditerranéen, à Marseille, comme

(1) *Procès-verbaux de la société d'agriculture de Lyon*, séance du 22 février 1850. Note sur les *Globes de feu*, par M. le professeur Fournet.

sur les bords de l'Océan à la Rochelle, sévissaient de violentes tempêtes.

7. Au rapport de M. Fournet, le 6 janvier 1850, le froid était très-vif. Le ciel était chargé aux environs de Meulan lorsque de ce côté, à la sortie d'Ecquevilly, et vers 6 heures du soir, un *globe de feu* tomba sur deux hommes qu'il enveloppa d'une lueur bleuâtre sans manifester aucune odeur, sans attaquer leurs vêtements, mais en leur faisant ressentir simultanément une commotion analogue à celle qu'aurait produite une machine électrique. Le choc les mit dans l'impossibilité de pouvoir parler pendant au moins une minute, et quand ils voulurent marcher, ils se trouvèrent comme perclus pendant l'intervalle d'une autre minute. Au moment de la chute, tous les objets environnants étaient éclairés par cette lumière bleuâtre ; mais le météore reprenant son mouvement, s'éleva lentement dans les airs et disparut derrière une grange voisine de la route. Le phénomène fut d'ailleurs aperçu de Meulan, bien que cette ville soit éloignée d'environ 4 kilomètres du point de son apparition.

8. Lorsque, le 15 septembre 1781, vers 11 heures du matin, la foudre atteignit une maison à Brest et suivit un tuyau de descente *en fer-blanc*, en le rayant et le fendant en plusieurs points, un colonel d'artillerie, qui était au premier étage, debout devant la croisée la plus proche du tuyau, vit plusieurs boules de feu descendre et traverser devant cette croisée. Ces *boules de feu*, ajoute M. de Blavau, étaient vraisemblablement produites par le métal des trous du tuyau, qui avait été fondu par la matière fulminante.

Un caporal du même corps, qui était au bas de la maison, dans le jardin, prétendit avoir vu plusieurs *boules de feu* autour de lui, et avoir entendu une espèce d'explosion comme celle d'un pétard.

9. M. Leclercq, agrégé à l'université de Liége, a signalé le fait suivant, qui s'est passé le 7 juillet 1843, vers 9 heures et demie du soir : « Un orage venait d'éclater; le temps était même encore très-orageux, et je regagnais ma demeure. A une soixantaine de pas environ de moi, je vis, dans le milieu de la rue, une *gerbe de feu* d'une blancheur éblouis-

sante de près de 3 pieds de diamètre, et de 4 pieds et demi de haut; elle se divisa en plusieurs parties, qui me parurent moins blanches et qui serpentaient horizontalement dans l'étendue d'une circonférence assez grande, en produisant chacune un craquement particulier; elles donnèrent instantanément lieu à une très-violente détonation, suivie d'un roulement très-long (1). »

10. Le même auteur a communiqué l'observation suivante à l'Académie des sciences de Bruxelles : « Le 9 août 1837, vers 7 heures et demie du matin, il avait éclaté un orage qui s'étendait dans la direction S.-O. sur toute la province de Liége; quoiqu'il ait duré plus d'une demi-heure, le temps était toujours orageux, les nuages étaient très-bas, et la chaleur suffocante; vers 8 heures et demie, au moment de sortir de la maison avec d'autres personnes, nous vîmes distinctement, au-dessus du trottoir de la maison en face, et sur une longueur de 5 à 6 mètres, une lumière bleuâtre de la *forme d'un prisme triangulaire*, couché sur le trottoir par une de ses faces latérales, et dont l'arête opposée était ondulante et colorée d'un rouge pourpre; cette lueur se trouva accompagnée aussitôt d'une détonation sans craquement, très-forte et pleine, sans roulement, mais qui dura 6 à 8 secondes environ (2). »

11. Dans une rue de Morges (canton de Vaud), une sorte de *bombe* éclata un peu au-dessus du pavé en plusieurs traits de feu, dont l'un pénétra dans une boutique en faisant un trou à une vitre vis-à-vis d'une petite verge de fer servant à suspendre un rideau (Verdeil) (3).

12. Le 2 juin 1840, un violent orage éclata sur Paris, et plusieurs maisons furent foudroyées. Pendant sa durée, plusieurs ouvriers virent, dans le passage Saint-Maur, un *globe de feu* qui parut sur le sol et lança une pierre au loin (Peltier) (4).

13. Pendant le terrible orage qui éclata sur Paris au mois

(1) *Acad. des sc. de Bruxelles* et *Institut*, t. XIX, p. 78.
(2) *Inst.*, t. XX, p. 78, séance du 3 août 1850.
(3) *Mem. de la soc. des sc. phys. de Lausanne*, t. I, p. 167.
(4) *Soc. philom. de Paris*, 6 juin 1840. *L'Institut*, t. VIII, p. 209.

de juillet 1854, la foudre tomba sur la maison habitée par M. Léon Gatayes, et s'y divisa en plusieurs rayons; l'un d'eux, illuminant la cour entière comme un incendie, courut, *semblable à un rat enflammé*, devant la loge du concierge; puis, passant sous la porte cochère et traversant la rue, alla mourir sur le trottoir, où il laissa une trace légère; d'autres rayons, sous la forme de *brandons enflammés*, rasèrent la face principale de la maison (1).

Églises, clochers, tours. — Le clocher de la cathédrale de Sienne avait été armé d'un paratonnerre peu de temps avant l'événement dont nous allons parler. Le conducteur descendait sous l'horloge, passait en dehors par une petite fenêtre, suivait, dans une rainure, l'une des faces extérieures de la tour, et aboutissait dans la terre d'une petite rue au-dessous de laquelle passait un courant d'eau.

Or, le 18 avril 1777, vers 6 heures du soir, au milieu d'un violent orage, on vit subitement étinceler les ferrures qui supportent la grande cloche placée tout au haut de la tour, immédiatement au-dessous du pied du paratonnerre, et sortir de la petite fenêtre au-dessous de l'horloge, un *globe de feu* de couleur pourpre qui, après avoir parcouru le conducteur fixé le long du mur, s'ensevelit en terre. Mais, avant d'entrer dans la rainure pratiquée dans le mur et qui logeait le conducteur, ce globe de feu lança plusieurs grosses étincelles qui tombaient sur le pavé et qui furent comparées aux étincelles qui tomberaient d'un tison bien allumé, et qu'on frapperait contre un mur. Était-ce des portions du globe de feu, ou des parties de fer en fusion? Il se répandit, dans la petite rue, une fumée qui avait une forte odeur de soufre. La barre du paratonnerre resta intacte. La tour, extérieurement et intérieurement, n'avait reçu aucune atteinte. La plupart des spectateurs assurèrent que la foudre, qui s'élança sur la tour, avait paru sortir d'une rue qui en était à une assez grande distance. Personne ne fut blessé; un homme fut seulement renversé et revint bientôt à lui (1).

(1) *La Patrie*, 7 juillet 1854. On peut en lire deux remarquables exemples dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXV, p. 193 et 195.
(2) Prof. Pistoi. *Journ. de phys. de* Rozier, X, p. 379.

2. Dans l'été de 1781, des jeunes gens étaient montés au haut d'une tour pour jouir du spectacle des éclairs qui serpentaient et brillaient de toutes parts dans les airs; le nuage orageux était fort bas, et très-peu éloigné du faîte des maisons. Un éclair et un coup de tonnerre des plus effrayants se suivirent subitement, et les jeunes gens virent, dans le même instant, un *globe de feu* qui, *descendant avec une rapidité étonnante*, vint frapper la tour, les étourdit sans leur faire aucun mal, *enfila un tuyau* de fer-blanc qui aboutissait près d'une porte du rez-de-chaussée, et alla fendre la tête d'un clou, le seul qu'il y eût sur la surface de la porte qui avoisinait ce tuyau : la foudre passa de là à travers cette porte... sans lui causer d'autres fractures qu'un petit éclat de bois qu'elle fit sauter, et remplit l'arrière-boutique d'un cordonnier, à laquelle la porte servait d'entrée, d'une fumée très-épaisse avec une forte odeur de soufre (2).

3. Pyl, pasteur à Duytsbourg, a raconté à Müsschenbroek ce qui est arrivé à Solingen, en 1711. Il prêchait un dimanche, lorsque, au milieu d'un orage, un *globe de feu*, qui ressemblait à une bombe, tomba par le clocher dans l'église, et éclata à moitié chemin entre le toit et le pavé, en faisant un fracas horrible. L'église se trouva subitement remplie de feu et de fumée. Trois personnes furent tuées sur le coup, et plus de cent autres furent blessées. M. Pyl fut renversé de sa chaire.

Le 7 octobre 1712, à Sampford-Courtney, dans le Devonshire, vers 3 ou 4 heures après-midi, le ciel étant couvert de nuages fort épais, quelques personnes, assemblées sous le portail de l'église, virent tomber au milieu d'elles une *boule de feu* qui, venant à éclater, les renversa à terre, mais sans les blesser. En même temps une forte explosion endommageait gravement le clocher, et quatre autres *globes de feu*, gros comme le poing, pénétraient dans l'église même qu'ils remplissaient de feu et de fumée par leur explosion (John Chamberlayne).

4. Le 4 janvier 1717, au Quesnoy, le temps était fort cou-

(1) Daquin, note de sa traduction de l'*Essai météorol. de Toaldo.*
(2) *Essai de physique*, t. II, p. 871.

vert et les nuages étaient si bas qu'ils paraissaient toucher les maisons, lorsque tout à coup un *globe de feu* parut dans la partie du nuage qui dominait la place, et alla, avec l'éclat d'un coup de canon, se briser contre la tour de l'église, et répandre sur la place comme une *pluie de feu*. Le même phénomène se répéta bientôt au même lieu, au grand effroi des spectateurs (Geoffroy).

5. Le 17 juillet 1717, vers 6 heures du matin, pendant un orage, M. Reimann suivit des yeux, pendant une seconde à peine, une *boule de feu* qui se brisa en plusieurs fragments avant d'atteindre, avec un bruit terrible, le clocher d'Epperies, en Hongrie. Le météore endommagea l'horloge, le cadran et des fils métalliques, comme l'aurait fait la foudre ordinaire : on sentit une forte odeur de soufre (Reimarus).

6. Pendant la nuit du 14 au 15 avril 1718, eut lieu en Basse-Bretagne un épouvantable orage, pendant lequel la foudre tomba sur vingt-quatre églises. Celle de Couesnon, à une lieue et demie de Brest, fut entièrement détruite. On avait vu trois *globes de feu* de trois pieds et demi de diamètre chacun, qui, s'étant réunis, avaient pris rapidement leur route vers l'église. Ce gros tourbillon de flamme la perça à 2 pieds au-dessus du rez-de-chaussée, tua deux personnes de quatre qui sonnaient, et fit sauter les murailles et le toit de l'édifice, comme aurait fait une mine ; quelques pierres furent lancées à 26 toises de là... (Deslandes).

7. Le 8 juin 1747, vers 7 heures du soir, une nuée fort épaisse et très-basse lança un *globe de feu* sur le sommet du clocher des Grands-Augustins, à Paris ; les dégâts furent ceux de la foudre ordinaire (Rabiqueau).

8. Peu de temps après l'entrée de Philippe V, à Madrid, la foudre tomba sur la chapelle royale, sous la forme d'un *globe*, aussi gros que la tête d'un homme. Ayant percé le toit, il se divisa en deux parties qui parcoururent toute l'étendue de la chapelle. L'une d'elles se divisa en plusieurs petites boules qui bondissaient d'une manière surprenante, et qui se dissipèrent bientôt (Müsschenbroek).

9. Le 2 mars 1769, à 4 heures après midi, un nuage d'une teinte noire peu commune, s'étendit sur Buckland, et fut

bientôt suivi d'une grêle abondante. Lorsqu'il fut immédiatement au-dessus de l'église, il en sortit un *globe de feu* qui renversa le faîte de la tour de cette église, dans l'intérieur de laquelle il pénétra en faisant de nombreux dégâts. Plusieurs pierres qui pesaient plus de 700 livres furent lancées au loin. L'une d'elles, pesant 8 livres, fut lancée à une distance de 60 perches. Plusieurs de ces pierres, quoique paraissant fermes et dures, se réduisaient en poudre à la moindre pression des doigts.

L'explosion, au moment où le nuage parut s'entr'ouvrir, fut aussi instantanée que terrible, et égala au moins la décharge de cent canons qui tonneraient en même temps. (W. Paxton.)

10. Le 16 janvier 1770, vers 9 heures du soir, à Chemnitz, en Hongrie, au milieu d'un ouragan et d'éclairs très-vifs, la foudre tomba sous la forme d'un *globe* de la grosseur d'un tonneau, et pendant que cette énorme masse de feu sillonnait les airs, on entendit un sifflement aigu qui fut suivi d'une explosion semblable à celle du tonnerre le plus violent. La tour de la principale église fut endommagée par la chute du météore, mais le feu ne s'y communiqua point. L'ouragan dura jusqu'à minuit, et fut terminé par beaucoup de neige et une forte gelée. (Richard.)

11. Dans la nuit du 15 juillet 1808, au milieu d'un épouvantable orage qui causa de nombreux désastres, un *globe de feu* emporta une des tourelles de la cathédrale de Glocester. (Howard.)

12. Lorsque, le 25 août 1780, la foudre atteignit le clocher du monastère de Saint-Vincent, à Milan, plusieurs témoins virent dans une des cours de l'église des *globes de feu* et sentirent une forte odeur de soufre. (Marsil. Landriani.)

13. En mai 1809, la foudre tomba sur le clocher du château de Torring-Seefeld, à 12 lieues de Munich, suivit la corde métallique du paratonnerre et la brisa en de nombreux fragments. Lorsque le premier effroi fut passé, le pasteur Seitz se hâta d'aller visiter la sacristie. Au moment où il en ouvrait la porte, il vit au milieu de la pièce des *boules de feu* grosses comme le poing, qui éclatèrent avec un bruit

semblable à celui d'un mousquet, sans causer de dégâts.

M. Seitz estime à environ 6 ou 7 minutes l'intervalle qui sépara le coup principal qui atteignit et brisa le paratonnerre de la seconde explosion, qui sans doute, après la rupture du conducteur, prit son chemin dans l'intérieur du clocher et pénétra dans la sacristie, où elle apparut sous la forme de boules de feu. (Yelin.)

14. M. Egen rapporte qu'en février 1816, entre 7 et 8 heures du soir, la foudre, sous la forme d'une *boule de feu* de la grosseur d'une bombe, descendit sur la pointe du clocher de l'église de Solingen ; on entendit alors une épouvantable explosion sans roulement, et sans qu'avant ou après il eût tonné. Tout l'horizon parut en feu pendant quelques secondes. Dans les vallées aux environs de la ville, on remarqua, dit-on, des *boules de feu* flottant dans l'air. Les deux années suivantes et à la même époque, la foudre frappa le même clocher encore sous l'apparence d'une *boule de feu ;* l'édifice n'était pas alors muni de paratonnerre.

Lorsque le dimanche 11 juillet 1819, vers 10 heures et demie du matin, la foudre tomba sur l'église de Châteauneuf-les-Moutiers (Basses-Alpes), elle y tua trois personnes, en blessa plus de cent. Une femme qui était dans une cabane sur une montagne voisine vit tomber successivement *trois masses de feu* qui semblaient devoir réduire le village en cendres. (L'abbé Trencalye) (1).

16. Plusieurs personnes dignes de foi rapportent que l'affreux événement arrivé, le 2 mai 1820, à la cathédrale de Bordeaux, fut occasionné par un *météore igné* qui sans détonation frappa, enleva et jeta sur la voûte transversale, toute la partie supérieure du fronton de la porte latérale du Nord (2).

Édifices autres que les églises. — 1. Le 24 septembre 1772, au milieu d'un violent orage, on vit à Besançon un

(1) Voir Pouillet, *Phys.*, 7e édit., t. II, p. 793.

(2) *Bull. philom. de Bordeaux* (mai 1820). — On peut lire d'autres exemples dans : *Philos, trans.*, p. 2084 (1670). *Cosmos*, t. II, p. 139. *Ann. de l'Observ. de Bruxelles*, t. VII, p 187. *Journ. des sc. et des arts du Bas-Rhin* (1825).

globe de feu volumineux traverser le magasin à blé et une *salle d'hôpital* remplie de nourrices et d'enfants, et se précipiter dans le Doubs. Le météore ne blessa personne et fit peu de dégâts (1).

2. Le 30 juin 1847, à 5 heures et demie du soir, un *globe lumineux* frappa la *prison* de La Châtre, bâtie sur le sommet d'un rocher, et parcourut sous la même forme les quatre étages du bâtiment en répandant une odeur de soufre et d'ail. Les dégâts furent ceux de la foudre vulgaire. Plusieurs personnes furent blessées. (Decerfz) (2).

3. Le 27 juillet 1769, plus de 600 personnes étaient réunies dans la *salle de spectacle* de Feltre, dans la Marche Trévisanne, lorsque, pendant un épouvantable orage avec torrents de pluie, on vit apparaître, par une grande ouverture qui se fit au comble du bâtiment, un *globe de feu* de la grandeur d'un boulet de canon du plus gros calibre. A l'instant toutes les lumières s'éteignirent, plus de 76 personnes furent tuées ou blessées. (Richard) (3).

4. Le 11 juin 1810, le professeur Peuvian vit la foudre tomber sur la salle de spectacle de Lille, sous la forme d'une *masse* de 3 décimètres de diamètre. (Delezenne.)

5. Lorsque, le 16 août 1804, la foudre tomba dans la soirée sur le *bâtiment de l'université* de Breslau, tout le toit parut couvert d'une masse de feu se mouvant sous la forme de *globes*. Le professeur Tungnitz, qui était alors dans sa chambre, vit un des rayons du météore y pénétrer sous l'apparence d'un *cylindre* de 4 à 5 pouces de diamètre, qui se divisa sur la surface vernie d'une porte en répandant une odeur de bois brûlé, et sans le blesser. (Tungnitz) (4).

Un autre accident, dont nous aurons maintes fois à parler, est arrivé à Fougères (Ille-et-Vilaine) (5).

Maisons. — Chaumières. — Tentes. — 1. Un jour du mois de juillet 1744, vers midi, un nuage menaçant arriva

(1) *Dict. des merv. de la nature*, t. III, p. 413.
(2) *Comptes rendus*, t. XV, p. 85.
(3) *Hist. de l'air, etc.*, t. VIII, p. 348.
(4) Gilb., *Ann.*, t. XXIV, p. 36 (1808).
(5) *Comptes rendus*, t. XVII, p. 908.

au-dessus de Knifwingsgute; le tonnerre se rapprochait peu à peu. Une paysanne était occupée à faire cuire quelques mets sur le foyer de la cuisine, lorsque le tonnerre éclate, et elle voit une *boule de feu* de la grosseur du poing descendre par la cheminée, passer entre ses pieds sans la blesser, et continuer sa route sans incendier, sans même renverser le rouet et divers autres objets qui se trouvaient sur le plancher. Effrayée, elle se précipite vers la porte; mais au moment où elle l'ouvre, la *boule de feu* vient en sautillant (hüpfend) passe près de ses pieds, pénètre dans une pièce qui s'ouvrait au dehors, la traverse, franchit la porte et arrive dans la cour; elle la traverse aussi, entre par la porte dans une grange, remonte le mur opposé, monte sur sa surface, et arrivée au-dessous du bord du toit de chaume, elle éclate et se disperse avec un bruit si terrible que la paysanne s'évanouit; le feu prend à la grange et la réduit promptement en cendres. — C'est le ministre Tiburtins qui a rédigé cette relation sous les yeux de la paysanne, de son mari et de sa servante. (Nicol. Palmstiern.)

2. Le 8 août 1720, à Rossnau, en Hongrie, le ciel était partout serein au nord, excepté où se trouvait un nuage noir et épais, et où l'on entendit gronder le tonnerre vers 9 heures du matin. A 2 heures après midi, et malgré la lumière du soleil, on vit briller un éclair, et la foudre atteignit une maison située à l'extrémité de la plus longue rue de la ville. Or, plusieurs témoins qui se trouvaient dans la campagne affirmèrent avoir vu sortir du nuage noir un *globe de feu* qui se dirigea rapidement du côté de ladite maison, puis avoir entendu un violent coup de tonnerre. (Baesmeginz) (1).

3. Le 1er juin 1761, vers minuit, pendant un orage, la foudre atteignit la maison d'un garde forestier près de Nienbourg et s'y divisa en plusieurs rayons; l'un d'eux frappa une carabine chargée appuyée sur le mur d'une chambre et l'endommagea, comme nous le dirons ailleurs. Le sol sur lequel reposait la crosse de l'arme était recouvert d'une couche de terre glaise, et l'on vit, dit le docteur Krack, le rayon y

(1) *Bresl. Samml*, p. 201 (1720).

brûler pendant 4 à 5 minutes sous la forme d'une masse du volume d'un petit œuf de poule, d'un rouge foncé. La substance qui fut trouvée à l'endroit où le phénomène avait eu lieu fournit du salpêtre à l'analyse (1).

4. Le 30 mai 1769, dans la soirée et pendant un orage, plusieurs personnes virent la foudre sous la forme d'un *globe de feu* frapper l'angle de l'auberge de l'Étoile, à Stockholm, et aussitôt une multitude de feux coururent sur le pavé de la rue et gagnèrent une ruelle qui descendait à un pont de bateaux. Le météore ne causa aucun dommage grave au bâtiment, car il suivit les lignes en plaques métalliques dont il était muni (2).

5. L'orage qui éclata le 20 juin 1772, entre midi et une heure, sur la ville de Steeple-Ashton, dans le Willshire, mérite une mention toute particulière dans l'histoire de la *foudre en globe*.

Disons d'abord que les nuages étaient fort épais, et que M. Field, peintre à Trowbridge, observa pendant cet orage un *globe de feu* qui oscilla dans l'air au-dessus de Steeple-Ashton, et finit par tomber perpendiculairement sur un bâtiment, peut-être sur celui où se passa la scène suivante :

Les révérends Wainhouse et Pitcairn se trouvaient dans une chambre ; le premier, debout, et le second assis, le dos tourné au foyer et tout près d'un cordon de sonnette, lorsque leur conversation fut subitement interrompue par un violent coup de tonnerre ; au même moment ils virent un *globe de feu* (*a ball of fire*) entre eux deux ; il était du diamètre d'une pièce de 6 pences (2 centimètres), et entouré de fumée noire ; il éclata comme un canon, et la chambre fut remplie de fumée et d'une odeur suffocante de soufre et de minéraux en fusion. M. Wainhouse ne fut pas atteint par la décharge, mais légèrement égratigné par un fragment de carreau de vitre. Quant à M. Pitcairn, il eut ses vêtements endommagés et la surface du corps grièvement blessée, comme nous le dirons plus tard. Il se souvient d'ailleurs parfaitement

(1) Guden, p. 179.
(2) J. Carl. Wilke, *Schwed. Abhandl.*

bien d'avoir vu, pendant une ou deux secondes, le globe de feu avant d'en être frappé. Le météore globulaire ne fut très-probablement qu'une des divisions de la décharge totale qui atteignit le bâtiment et pénétra dans plusieurs pièces, en produisant sur les murs, les cloisons et les métaux, les effets connus de la foudre vulgaire.

Pendant la durée de ce même orage et dans la même localité, on vit un *corps igné* tomber sur le sommet d'une cheminée, près d'une barre de fer. Ce météore traversa la maison et sortit par une porte accidentellement ouverte; alors il se brisa avec un bruit terrible, semblable à la détonation de 20 canons, et les appartements furent remplis d'une odeur sulfureuse. M. W. Paradise, dans sa lettre au Rév. Eliot, dit que, s'étant trouvé à 4 ou 5 pieds du trajet du météore, il fut renversé contre la muraille tout couvert de feu, et se crut pendant quelques instants suffoqué par la vapeur sulfureuse qui l'enveloppait (1).

6. Le 3 août 1809, la foudre atteignit la maison de M. David Sutton, non loin du Newcastle, sur la Tyne, Huit personnes prenaient le thé dans le salon dont la cheminée venait d'être abattue par le météore, lorsque tout à coup, après l'explosion, apparut par terre, à la porte opposée à la cheminée, un *globe de feu* qui resta immobile assez longtemps pour être vu de tout le monde. Alors il s'avança jusqu'au milieu du salon; puis il éclata en lançant, avec détonation, comme les étoiles d'une fusée. M. Howard, qui rapporte ce fait, ne dit pas si les assistants furent blessés.

7. Pendant un orage du mois de juin 1829, trois personnes étaient assises dans la cuisine d'une auberge, près de Montmouth, lorsque tout à coup elles entendirent deux violents coups de tonnerre, et virent immédiatement après un *globe de feu* de la grosseur d'un cricket-ball, d'un rouge cramoisi et plus brillant que le feu ordinaire, entrer par une porte de derrière qui était ouverte, traverser la cuisine, enfiler un couloir, et sortir par la porte de la façade. Ce météore ne causa de dommage ni au bâtiment, ni aux personnes qui s'y trouvaient (Howard).

(1) *Philos. Trans.*, p. 231 (1773).

8. Le 3 mars 1835, le clocher de Crailsheim fut incendié par la foudre. Plusieurs témoins affirment avoir vu les uns un *globe de feu*, les autres deux *globes de feu*, tomber sur le clocher. La famille du gardien se trouvait alors partie dans une chambre, partie dans la cuisine. Une jeune fille, âgée de 20 ans, tournait le dos à la fenêtre du midi, lorsque son jeune frère vit une *boule de feu* entrer par la fenêtre et descendre sur le dos de sa sœur, qui ressentit une forte secousse par tout le corps ; elle vit alors à ses pieds une masse de feu qui se divisa aussitôt en *petites flammes*, lesquelles se dirigèrent dans la cuisine dont la porte venait d'être ouverte, et y mirent le feu à un tas de bois couvert de mousse. Ce commencement d'incendie fut rapidement éteint. Quelques personnes rapportèrent en outre avoir vu tomber sur le pavé, à 10 pas environ au sud du clocher, une *boule* de feu d'environ un pied de diamètre, qui avait roulé quelques secondes et avait éclaté avec un bruit sourd (Kapp).

9. Le 24 août 1842, à 10 heures du matin, au milieu d'un violent orage avec torrents de pluie, la foudre tomba dans la ville de Ille, sur l'habitation d'un serrurier mécanicien. Un de ses rayons pénétra dans un atelier au rez-de-chaussée, où un ouvrier la vit apparaître sous la forme d'un globe enflammé, semblable à la lune lorsqu'elle est rouge. Pendant que la foudre exerçait ses ravages sur cette maison, un *globe de feu* d'environ 20 centimètres de diamètre tomba sur le pavé de la rue, et fila ensuite sous la forme d'une *barre enflammée*. Enfin, plusieurs *traînées* ou *sillons de feu* parcoururent ce quartier et circulèrent dans quelques habitations (l'abbé Chapsal).

10. Le 10 septembre 1845, vers 2 heures après midi, pendant un violent orage, la foudre atteignit une maison du village de Salagnac (Creuse). Au coup de tonnerre, qui fut très-violent, il descendit par la cheminée une *boule de feu* de la grosseur du poing, et de laquelle s'échappaient des quantités d'étincelles. Cette boule tomba au milieu d'un enfant et de trois femmes, se dirigea, sans leur faire aucun mal, vers une vaisselière en bois, en enleva quelques éclats, puis elle gagna le milieu de la cuisine, la traversa en droite ligne,

passa aux pieds d'un jeune homme qui s'y trouvait debout, ne frappa aucun des vases en fonte; au lieu de sortir au dehors, cette boule pénétra dans la chambre à côté de la cuisine, et y disparut sans laisser aucune trace. Les femmes, qui voyaient cette boule enflammée traverser lentement la cuisine, engageaient l'homme qui s'y trouvait à mettre son pied dessus afin de l'éteindre ; mais cet homme, qui n'était pas sans intelligence, se rappela que lorsqu'il était à Paris, il s'était amusé plusieurs fois, aux Champs-Élysées, à se faire électriser, et, comparant la secousse qu'il éprouvait à celle beaucoup plus violente que lui aurait imprimée la boule qu'il voyait à ses pieds, jugea prudent de la laisser passer; elle répandit une épaisse fumée fortement sulfureuse. Dans une petite écurie, on trouva mort un cochon qui y était renfermé. La foudre avait traversé de la paille et du foin sans y mettre le feu (Maslieurat-Lagémard).

11. Pendant un orage qui éclata sur le village du Grand-Malvern, à 7 milles de Worcester, la foudre atteignit une cabane construite sur une montagne, et y tua deux personnes, de neuf qui y étaient réfugiées. On vit comme un *globe de feu* qui roulait sur la terre et qui entra dans cette cabane, construite de fragments de granit et recouverte d'un toit en tôle de fer (J. Williams) (1).

12. Le 30 juillet 1740, vers 3 heures après midi, le ciel était couvert de nuages noirs et épais, lorsqu'on vit la foudre tomber sur une maison de la paroisse d'Œsterwahla, sous la forme d'un trait de feu perpendiculaire, terminé inférieurement par une masse de feu (Feuerklumpen). Elle abattit le haut de la cheminée et pénétra dans plusieurs chambres. Un très-grand nombre d'ustensiles en métal furent percés d'un ou de plusieurs trous. On peut, dit l'auteur, Nils Feltstrom. se représenter le coup de foudre comme produit par une bombe remplie de fusées ou de serpenteaux (Schwarmen).

13. Le 14 janvier 1824, il y eut à Halle un orage effroyable, accompagné de tourbillons de neige, d'éclairs, de coups de vent. Il fut observé en plusieurs autres endroits voisins.

(1) *Edinb. Journal. of sc.* (janv. 1829).

On vit des feux météoriques en plein champ. Le même soir, il tomba, à Hanovre, un énorme *globe de feu* avec un violent coup de tonnerre et odeur sulfureuse. La foudre frappa plusieurs localités (Bullmann) (1).

Meules de foin. — En avril 1814, dit Howard, pendant un violent orage, on vit à Cheltenham un *globe électrique* tomber sur le sommet d'une meule de foin très-compacte. Cette meule fut traversée perpendiculairement, et le fluide pénétra à plusieurs pieds de profondeur dans le sol. Le canal ainsi creusé dans la meule avait près de 3 pieds de circonférence au sommet, et allait en diminuant jusqu'à n'être plus que de quelques pouces. Une odeur sulfureuse s'exhalait de la meule, et se répandit à très-grande distance (2).

Arbres. — Il semble que les arbres soient peu exposés à être frappés de la *foudre en globe*, car nous ne trouvons que quatre exemples de ce genre dans toute notre collection; peut-être que l'on a omis de signaler la forme de la foudre dans la plupart des cas où des arbres seuls ont été foudroyés.

1. Le 23 mai 1712, entre 2 et 3 heures après midi, près de Bade et pendant un orage, une servante qui se trouvait dans un pré vit un *globe de feu* d'un demi-pied environ de diamètre se mouvoir horizontalement dans l'air à 12 pieds au plus de terre. Elle courba instinctivement la tête et le corps, craignant d'en être atteinte; mais le météore passa outre et se dirigea droit sur un arbre auquel il enleva de larges lanières d'écorce, sans laisser de traces de feu et comme l'aurait fait un instrument d'acier. En quittant cet arbre, la foudre globulaire se dirigea, près de là, sur la maison de M. Escher, et produisit les dégâts de la foudre ordinaire. Nous signalerons en un autre lieu le curieux phé-

(1) *Bull. univ*, P. mathém., t. I, p. 246. — On en trouvera d'autres exemples dans : Gilb., *Ann.*, t. XXIX, p. 55. *Ibid.*, t. LXXII, p. 398. *Biblioth. univ.* (sc. et arts), t. 17, p. 24. *Comptes rendus*, t. XXIII, p. 864 ; t. XXXV; t. XXXVI, p. 744. Kaemtz, *Traduction, note de M. Martins. Journal de physique*, t. I, p. 442.

(2) Tab. XCIII.

nomène observé dans une des chambres de cette habitation, savoir, un nuage blanc se mouvant avec lenteur. (Scheuchzer) (1).

2. Le 15 août 1791, vers 3 heures et demie après midi, la foudre tomba, près de Casal-Maggiore, sur un *orme* qui servait d'abri à trois personnes. L'une d'elles vit un *globe de feu* gros, noir dans le milieu, jetant des flammes de tous côtés, arriver sur elle horizontalement; mais à peine l'eut-elle aperçu qu'elle fut renversée dans le fossé voisin, n'ayant senti qu'une odeur de soufre.

Ces trois individus furent légèrement blessés et se rétablirent promptement. (Dr Guazzi) (2).

3. Le 2 août 1821, pendant un violent orage, un *globe de feu* blanc, à flammes jaunes et rouges, s'abattit sur un bouquet de *pins* au sommet de la montagne de Saint-Martin de Thury. Ces arbres, au nombre de 12 environ, étaient brisés, tordus et renversés ; un d'eux était en mille éclats noircis et brûlés à la surface.

Au fond d'un entonnoir creusé dans le sol, on trouva un culot de verre noir. L'air était rempli de vapeur sulfureuse (3).

4. M. Cusarens, pendant un violent orage qui éclata dans le mois de septembre 1823, vit une foudre en boule aller frapper un arbre et produire les phénomènes ordinaires de la foudre.

Fours à tuiles. — L'observation suivante a été recueillie par M. de la Pylaie :

1. Le 25 octobre 1848, un orage éclata sur le bourg de Betz (Oise). M. Gobert, propriétaire d'une tuilerie, avait son four chargé de 23 milliers de tuiles dont on achevait la cuisson à grand feu. Il la surveillait lui-même alors, de la petite niche pratiquée dans le mur d'enceinte à côté des deux bouches du fourneau. Depuis trois heures, le tonnerre grondait au loin, mais il n'arriva qu'à 5 heures et demie environ au-dessus de son établissement. Ce fut alors qu'éclata un coup

(1) *Ephém. des Cur. de la nat.* Décur. IV, cent. 1-2, obs. 185, p. 389 (1712).
(2) *Opusc.*, t. XIV, p. 301 (1791).
(3) Héricart de Thury, *Mémoire*. p. 352.

beaucoup plus violent que tous ceux qui l'avaient précédé. Il fut annoncé par un long éclair d'un bleu verdâtre qui remplit de sa lumière toute la fosse d'arrivée aux bouches des fourneaux. La *masse du feu* apportée par cet éclair pouvait offrir *un diamètre au moins de trois pieds*. Arrivée devant les deux bouches, elle se divisa en deux portions, lesquelles, attirées par le courant d'air qui se dirigeait vers le brasier, s'y précipitèrent par chaque bouche, en passant par un petit intervalle de 15 centimètres qui se trouvait entre le bas de leurs portes en tôle et le sol. Le fluide électrique produisit, au moment de son passage, le bruit d'un souffle violent; tout entra dans le fourneau et y produisit un bruit plus ou moins fort, comme si l'électricité eût rencontré des obstacles pour y circuler; au bout de 15 secondes, toute la masse du tonnerre sortit également par-dessous les portes pour remonter vers le ciel; mais elle était augmentée en volume et produisit un souffle beaucoup plus grand qu'en entrant.

On vit en même temps une flamme bleuâtre s'élever subitement de l'ouverture supérieure du fourneau. Ce ne fut qu'après l'entrée de la foudre dans celui-ci que M. Gobert entendit l'explosion du tonnerre dans les nuages; il ne sentit aucune odeur sulfureuse, quoiqu'il fût à peine à un mètre du trajet de l'électricité.

Au bout de 5 à 6 minutes, survint un nouvel éclair encore plus chargé de matière électrique que le premier, qui remplit la fosse d'arrivée d'une lumière plus éblouissante; toute cette *masse de feu, quoique beaucoup plus considérable*, entra, comme la précédente, dans le fourneau, et s'élança pareillement vers les nuages à sa sortie, mais en produisant à son double passage un bruit beaucoup plus fort, ainsi que dans l'intérieur du fourneau.

Lors de la seconde chute de la foudre, un ouvrier âgé de 24 ans apportait un fagot au fourneau, dont il était à 4 ou 5 mètres de distance au plus; il se vit tout à coup entouré de flammes qui l'éblouirent, et tout étourdi, il laissa tomber son fagot dont les liens furent brisés, ce qui n'aurait pas eu lieu s'il fût simplement tombé à terre.

Nous reviendrons plus tard sur cette intéressante observa-

tion, lorsque nous parlerons de l'*extinction des feux* par la foudre.

Les deux chutes du tonnerre ayant eu lieu pendant une bourrasque extrêmement violente, il est fort étonnant que le fluide soit arrivé une seconde fois sur le four à tuiles, d'autant plus que les nuages étaient emportés rapidement au loin par le vent.

Un autre fait encore plus étrange, c'est de voir le fluide électrique sortir vivement du four quelques instants après son entrée, pour remonter aux nuages orageux, comme s'il eût été repoussé par le feu de l'usine. En voyant alors la masse de la foudre plus volumineuse qu'à son entrée dans le fourneau, ne pourrait-on pas penser qu'elle s'est accrue aux dépens du feu de celui-ci, comme nous le ferait croire l'état d'assombrissement où s'est trouvé, immédiatement après, tout l'intérieur du four?

Chute de la foudre en globe sur des paratonnerres. — Plusieurs fois on a vu la foudre en globe s'élancer des nuages et frapper un paratonnerre, ainsi :

1. En 1777, on vit un *globe de feu* de 2 à 3 pieds de diamètre, s'élancer des nuages sur la pointe du paratonnerre de l'observatoire de Padoue. Le conducteur consistait en une *chaîne* de fer ; il fut rompu à sa jonction avec la tige ; cependant il transmit la décharge foudroyante (1).

2. Dans la nuit du 17 au 18 août 1792, un orage épouvantable éclata sur Paris et ses environs. La foudre tomba en plusieurs endroits. On vit, en particulier, un *globe de feu* passer obliquement au-dessus du village de Villers-la-Garenne et frapper l'un des deux paratonnerres élevés sur la maison de M. Haller. Ce paratonnerre, mal construit, des gouttières en métal, la charpente de la maison, etc., présentèrent les dégâts qu'on observe souvent dans la fulguration ordinaire; MM. Leroy et Beyer les constatèrent peu après l'événement (2).

3. Le 24 décembre 1821, on vit à Grabow une *boule de feu*

(1) Beyer, p. 36. *Journ. de phys.*, t. XLIII, p. 98.
(2) Gilb, *Ann*, t. LXXII, p. 398.

tomber sur un paratonnerre sans une très-forte explosion (Egen) (1).

Dans ces trois foudroiements le globe électrique fut conduit absolument comme la foudre vulgaire ou linéaire. Et si, dans les deux cas où il est fait mention de l'état de l'appareil après le coup, le conducteur a été plus ou moins endommagé, nous devons l'attribuer peut-être uniquement aux vices de l'appareil lui-même.

La foudre en globe a parfois atteint un paratonnerre; on ne l'a pas vue, il est vrai, s'élancer sur lui sous la forme globulaire, mais il a été constaté qu'après le choc elle avait revêtu cette forme; ainsi :

1. Le 18 avril 1777, vers 6 heures du soir, au milieu d'un violent orage, la foudre tomba sur le sommet du paratonnerre de la tour de Sienne, et l'on vit un *globe de feu* de couleur pourpre suivre le conducteur et s'ensevelir en terre. (Pistoi) (2).

2. Lorsque, le 14 mai, à 9 heures du soir, la foudre atteignit le paratonnerre mal établi d'une maison à Berne, une femme, qui se trouvait dans la cuisine, dit que la foudre était descendue par la cheminée et avait roulé sur le plancher jusque vers la porte. Un homme, qui regardait alors à la fenêtre affirma aussi avoir vu le feu de la foudre *rouler* sur le sol qui était sec et sablonneux (Trechsel) (3).

Il est cependant un fait qui semble au premier abord démontrer que parfois la foudre en globe se soustrait en quelque sorte à l'influence du paratonnerre; mais ce fait perd beaucoup de sa valeur lorsqu'on remarque que le pied du paratonnerre était mal établi.

3. Dans la matinée du 20 décembre 1845, écrit M. de Carville (4), l'on vit pendant une averse de grêle, un *globe de feu se bifurquer* dans la verticale du paratonnerre placé au centre du château de Boisyvon, près de Vire. Aussitôt le fluide électrique produisit de grands dégâts aux deux côtés du

(1) Gilb., *Ann.*, t. LXXII. p. 398.
(2) *Journ. de phys*, X, p. 379 (1777).
(3) *Bibl. univ.*, sc. et arts, t. XV, p. 19 (1820). Gilb., *Ann.*, LXIV, p. 227.
(4) *Comptes rendus*, t. XXII, p. 177 (1846).

château, à 9 mètres de distance du paratonnerre. Dans les points où l'électricité arriva à terre, plusieurs personnes aperçurent comme un gros tonneau de feu se rouler sur le sol. Le conducteur du paratonnerre se rendait dans un *réservoir* muré, d'un mètre de diamètre environ.

Chute de la foudre en globe sur un appareil électrico-atmosphérique. — Le 6 août 1753, Richman, professeur à Pétersbourg, assisté de Solokow, était occupé à mesurer la force de l'électricité atmosphérique à l'aide d'un appareil qu'il avait dressé dans sa propre chambre et qui communiquait avec l'extérieur, lorsque Solokow vit un *globe de feu* bleu, gros comme le poing, s'élancer de l'appareil sur la tête du professeur qui tomba frappé de mort. En cet instant il s'éleva une espèce de brouillard ou de vapeur. La détonation fut celle d'un coup de pistolet. Le fil de fer qui transmettait l'électricité atmosphérique fut mis en pièces ; le chambranle de la porte fut à moitié fendu et la porte brisée et jetée dans la chambre... les vêtements et la surface du corps de la victime présentèrent les altérations qu'on observe généralement dans les coups de foudre ordinaires. Plusieurs personnes virent un globe de feu s'échapper des nues et venir frapper le sommet de l'appareil qui dépassait la maison (Bergman) (1).

Foudre globulaire parcourant les armatures naturelles des bâtiments. — Maintes fois la foudre globulaire a suivi les gouttières, les conduites et autres lignes métalliques dont les bâtiments étaient munis ; par exemple :

1. Dans l'été de 1781, un globe de feu, cité par Daquin, s'élança des nuages, alors fort bas, vint frapper une tour et suivit une gouttière jusque près d'une porte au rez-de-chaussée (2).

2. Le 20 juillet 1772, au soir, la foudre tomba, sous la forme d'un globe de feu, sur le sommet du clocher de

(1) Priestley, *Hist. de l'électricité*, t. II, p. 214, 219. *Philos. trans.*, t. XLVII § 2, p. 765 ; t. XLIX, § 1, p. 61. Bergman, *de Avert. fulm.*, p. 204.

(2) *Traduction de l'essai météorologique de Toaldo*, p. 270.

l'église de Buck, près de Berlin; elle suivit des lignes métalliques et agit sur le bois de charpente et sur les métaux comme la foudre ordinaire (Silberschlay) (1).

3. Le globe de feu qui, le 30 mai 1769, frappa l'angle de l'auberge de l'*Étoile*, à Stockholm, ne causa aucun dommage grave; car il suivit docilement les lignes en plaques métalliques dont le bâtiment était garni (2).

D'autres fois la foudre qui, certainement ou probablement, n'était pas globulaire au moment où elle traversait l'atmosphère pour frapper un bâtiment, a présenté cette forme en suivant les gouttières et les conduites métalliques. Voici trois exemples de ce phénomène :

4. Au rapport de l'abbé Ant. Mar. Vassalli, un des rayons de la foudre qui frappa l'observatoire du marquis Graneri, suivit une gouttière en fer-blanc et une conduite perpendiculaire, sous la forme d'un petit *globe de feu* qui entra dans une serre voisine où plusieurs personnes s'étaient réfugiées, et alla se disperser et s'évanouir dans un coin humide et chargé de matières nitreuses. On vit sur le sol la trace du météore qui avait éparpillé la poussière.

D'autres branches de cette foudre ne prirent pas la forme globulaire et agirent comme la foudre vulgaire (3).

SECTION II. — HISTOIRE GÉNÉRALE

ART. 1er. — CARACTÈRES

Nombre. — Certains orages sont remarquables par la multiplicité des globes de feu auxquels ils donnent naissance.

A. — Tantôt ces globes de feu se meuvent dans l'atmosphère sans atteindre le sol. Ainsi : pendant une violente tempête, M. John Staveley observa de nombreux phénomènes

(1) Reimar., *Neuer Bem.*, p. 50.
(2) *Schwed. Abhandl.*, t. XXXII, p. 115 (1770).
(3) *Mém. de l'Acad. des sc. de Turin*, 1791, XI, p. 60 (1800). — On en trouvera d'autres exemples dans : *Biblioth. univ. sc. et arts*, f° XVII, p. 247. Peltier, *Traité des Trombes*, p. 121. Et dans le chapitre que nous réservons aux effets de la foudre sur les navires.

lumineux de formes diverses, des *boules de feu*, des traînées lumineuses, de larges surfaces phosphorescentes, d'autres parsemées d'une infinité de points lumineux et présentant l'aspect de la voie lactée (1).

Nous en avons cité un autre exemple (2).

Des globes de feu nombreux et de volumes divers furent également remarqués dans les nuées lors d'un violent orage à l'Ile-de-France en 1770.

B. — Tantôt, pendant qu'un ou plusieurs globes ignés tombent de l'atmosphère et foudroient la terre, on en voit d'autres voltiger à une certaine hauteur dans l'air, ou près du sol, ou même autour de l'homme :

Ainsi, au moment ou *un globe de feu* frappait le clocher de Solingen, on vit, dans les vallées voisines, des *boules de feu* flotter dans l'air (Egen).

C. — Parfois aussi, pendant un même orage, on voit deux ou un plus grand nombre de *boules de feu* dans les *habitations* de l'homme ou dans leur voisinage. Ainsi :

Un globe de feu pénétra dans l'atelier d'un serrurier mécanicien à Ille; un autre tomba dans la rue, et des sillons de feu parcoururent le quartier ou circulèrent dans les maisons voisines.

Plusieurs boules de feu apparurent dans la sacristie de Torring-Seefeld.

Enfin, tandis qu'un globe de feu éclatait sous le portail de l'église de Sampford-Courtney, quatre boules ignées pénétraient dans l'intérieur de l'église.

D. — Cette multiplicité de globes de feu a été aussi plusieurs fois observée à bord de *navires* isolés ou marchant avec d'autres.

Le *Competitor* fut ainsi frappé deux fois en un quart d'heure par la foudre globulaire.

Trois globes ignés tombèrent successivement sur le *Warren-Hastings*.

Pendant un même orage, la *Coronation* et le *Royal-James* furent atteints par la foudre en globe à Portsmouth.

(1) Nicholson J., t. XXIV, p. 161 (1809).
(2) Voir *Foudre entre deux nuages*, p. 124.

Quatre boules de feu frappèrent un convoi protégé par l'*Infatigable* qui lui-même en fut atteint.

Forme. — Le météore que nous décrivons a le plus ordinairement des contours nets, définis et brusquement délimités. Parfois, cependant, il semble entouré d'une atmosphère lumineuse dont on ne peut marquer la limite précise (Butti). — Il n'est pas toujours exactement *globulaire*, parfois il est *ovoïde* : peut-être a-t-il pris la forme d'un *disque*. — Il a été comparé à *un gros paquet de linge blanc*. Sa forme, son volume et son mouvement à la surface du sol l'ont fait aussi comparer à *un rat enflammé*, à un *jeune chat* pelotonné sur lui-même et se mouvant sans être porté sur ses pattes. — Le globe foudroyant est quelquefois muni d'une flamme rouge comparable à la *mèche d'une bombe*. — Il n'est pas très-rare qu'il laisse derrière lui une *traînée de vive lumière;* alors il ressemble à *un projectile à fusée* tiré à une école de nuit. — Cette traînée est quelquefois seulement *vaporeuse*. — Elle peut persister longtemps; ainsi un globe de feu incendiaire observé dans l'arrondissement de Châlon-sur-Saône, et de la grosseur de la tête d'un homme, glissa comme une étoile filante, laissant derrière lui une longue trace de feu qui persista *pendant plus de deux heures*. — Le globe foudroyant *change quelquefois de forme* en traversant l'atmosphère. Ainsi un globe ardent, en s'approchant de la terre, prit une forme allongée; un autre, en s'élevant dans l'air, prit la forme d'un têtard. D'autres fois, c'est en passant d'une partie d'un bâtiment dans un autre, qu'un globe de feu revêtit la forme d'une *barre enflammée*. — Un autre s'allongea un peu avant de passer par un trou pratiqué dans la cheminée et destiné à recevoir un tuyau de poêle.

Volume. — Sur quarante-cinq observations qui mentionnent la *grosseur apparente* de la foudre en globe, soit en mesures exactes, soit à l'aide de quelque comparaison, nous voyons que le diamètre du météore a été de 11 centim. (4 pouces), 16 cent. (6 pouces), 30 cent. (11 pouces), 33 cent. (1 pied), 50 cent. (1 pied 1/2), 66 cent. (2 pieds), 82 cent. (2 pieds 1/2) et de 1 m. 16 cent. (3 pieds 1/2).

D'autres fois le volume apparent du météore a été com-

paré à celui d'une forte bille d'enfant ; d'une pièce de six pence; d'un œuf de poule ; du poing (six cas) ; d'un petit obus ; des deux poings ; de la tête d'un enfant ; de la tête d'un homme (trois cas) ; du double de la tête d'un homme ; d'un ballon à jouer (*cricket-ball*). On l'a encore comparé à celui d'un boulet de canon du plus fort calibre ; d'une bombe (deux cas) ; de la lune (deux cas) ; de la lune à l'horizon (trois cas) ; du disque solaire. Enfin la masse ignée et foudroyante aurait été du volume d'un enfant nouveau-né ; d'un baril ordinaire ; d'un tonneau (deux cas) et même d'une grande meule de moulin.

Mouvement propre. — Les globes foudroyants présentent parfois un *mouvement propre;* ils s'agitent violemment ; ils tournent sur eux-mêmes, tantôt avec beaucoup de rapidité, tantôt assez lentement pour qu'on ait pu, dit-on, apprécier le nombre de leurs révolutions. L'un d'eux, arrivé sur le sol, tourna deux ou trois fois sur son axe avant de disparaître. — Ces globes tournent sur eux-mêmes, soit en roulant sur le sol, soit en traversant l'air horizontalement ou verticalement.

Jet de flammes et d'étincelles. — Quelquefois le globe foudroyant, *sans éclater*, *lance* de tous côtés des *flammes et des étincelles* qui peuvent être de diverses couleurs : un globe de feu blanc projetait des flammes jaunes et rouges en s'abattant sur un bouquet de pins. — Ce phénomène a lieu non-seulement lorsque le météore se meut dans l'atmosphère libre, mais aussi lorsqu'il circule sur le sol, dans les maisons ou à bord des navires. La boule de feu qui frappa le *Competitor* disparut dans l'eau après avoir semé sur le pont une foule d'étincelles.

Division. — Nous voyons le globe foudroyant, une fois arrivé sur le sol ou près du sol, s'y *diviser* souvent en plusieurs boules secondaires. Cette division peut aussi s'opérer à une certaine hauteur dans l'atmosphère. M. de Carville, par exemple, dit que, dans la matinée du 20 décembre 1845, pendant une averse de grêle, on vit un globe de feu se bifurquer dans la verticale du paratonnerre placé au centre du château de Boisyvon, près de Vire.

Des boules de feu, d'abord *isolées*, se seraient-elles, au contraire, *réunies* dans l'air avant de frapper en une seule masse les corps terrestres ? C'est peut-être ce phénomène que Deslandes veut indiquer (1) lorsqu'il rapporte que, pendant l'épouvantable orage qui éclata, en 1718, sur la Basse-Bretagne, on vit trois globes de feu, de trois pieds et demi de diamètre chacun, se réunir pour aller frapper l'église de Gouesnon. Peut-être aussi a-t-il voulu dire que ces trois globes ont convergé vers un même point, mais sans se réunir ni se combiner.

Sifflement. — Bruit de torrent. — La foudre globulaire, en traversant l'atmosphère, est quelquefois accompagnée d'un *sifflement* aigu. Un globe de feu, de quatre pouces de diamètre, s'éleva vers les nuages avec un sifflement analogue à celui des fusées d'artificier. — M. Wasse entendit le sifflement qu'un globe igné, gros comme la lune, produisit en passant au-dessus de son jardin. — Lorsqu'un météore de la grosseur d'un tonneau sillonnait l'air avant de frapper la tour de Chemnitz, on entendit un sifflement aigu bientôt suivi d'une explosion semblable à celle du tonnerre le plus violent. — Un autre globe igné, observé à bord du *Dart*, fut accompagné d'une sorte de sifflement analogue à celui d'une fusée à la Congrève, mais de plus courte durée. — Enfin, le météore observé dans l'église d'Œsterwahla se mouvait en faisant entendre un *bruit de torrent*.

Odeur ; vapeur ; fumée. — La foudre en globe répand dans l'atmosphère, près du sol et surtout dans les maisons, une *odeur* le plus ordinairement sulfureuse. Ce phénomène a été également signalé à bord des navires. L'odeur sulfureuse fut très-forte dans les chambres et dans les cabines du *Warren-Hastings*, du *Squirrel* et du *Montagne*. — L'odeur a été quelquefois celle du soufre et de l'ail, celle du soufre et des minéraux en fusion. — Suivant M. Peltier, l'odeur sulfureuse ou nitreuse qui accompagne la foudre globulaire est beaucoup plus intense que celle de la foudre linéaire.

Souvent aussi la boule fulminante répand ou fait naître

(1) *Hist. de l'Acad. des sciences*, p. 21 (1719).

dans les lieux qu'elle parcourt une *vapeur* ou une *fumée* ordinairement sulfureuse, parfois tellement épaisse qu'elle semble menacer l'homme de suffocation. Et, au moment où une boule de feu descendait dans une noue de plomb, le toit fut entouré d'une vapeur si semblable à de la fumée qu'on crut le grenier en feu.

A Argenteuil, le 8 juin 1859, la foudre, après avoir frappé le petit clocher au-dessus du chœur, tombait dans l'église sous la forme d'une boule de feu ou d'une colonne : elle éclata après avoir touché le pavé, lança des étincelles dans toute l'église, et laissa après elle une vapeur épaisse d'odeur sulfureuse (1).

Direction. — La ligne que suit la foudre en globe dans l'atmosphère est très-variée : elle peut être *droite*, *courbe* ou *ondulée*. La trace d'un premier éclair en boule observé par Schübler se dirigeait en ligne droite et celle du second allait en zigzag. — Parfois la trajectoire du météore rappelle celle d'un boulet de canon rougi. — Le globe de feu de Beuzeville, décrivit une courbe allongée, régulière, sans zigzag. — Une fois sur le sol ou dans un appartement, la boule fulminante se meut dans des sens très-variés. L'une d'elles décrivit une courbe circulaire ; une autre suivit une ligne brisée en zigzag le long d'un mur.

La foudre en globe est quelquefois *remontante*, c'est-à-dire qu'après être descendue elle remonte sans avoir touché le sol ; car si elle le frappe pour remonter ensuite. nous lui donnons plus particulièrement le nom de *rebondissante*.

La foudre en globe *remontante* a été observée dans les régions élevées de l'atmosphère, comme M. d'Abbadie en a constaté un cas en Éthiopie ; ou près du sol : un globe de feu, par exemple, descendit jusqu'à 12 mètres de distance d'une mare, puis remonta et fut perdu de vue à 50 mètres de hauteur.

D'autres fois, sans qu'on ait pu reconnaître la première direction suivie par le globe fulminant, on l'a vu parcourir horizontalement un certain trajet, puis s'élever presque per-

(1) Abbé Moigno, *Cosmos*, t. XIV, p. 672 (1859).

pendiculairement dans l'air. — Citons, en particulier, le globe de feu qui, après avoir suivi, dans une rue de Milan, une ligne peu éloignée de terre. alla bientôt, dans sa course ascendante, frapper le sommet d'un clocher. — Le globe de feu qui atteignit le *Montagne* roula quelques instants horizontalement sur la mer, puis s'éleva presque perpendiculairement.

Un des phénomènes les plus curieux de la foudre en globe, c'est de la voir, après avoir frappé le sol ou quelque objet à sa surface, *rebondir* comme une balle élastique, parfois même à plusieurs reprises, et cheminer ainsi par ricochets.

Le 10 mars 1750, pendant un violent orage, un globe de feu tomba à Horn sur la terre, et rejaillit ou rebondit jusque sur le dôme de la tour qu'il embrasa par son explosion (Muschenbroek).

Un globe de feu tomba de l'atmosphère sur deux hommes; puis, reprenant sa première direction, il s'éleva lentement dans les airs et alla disparaître derrière une grange.

Dans les cas suivants, le météore fulminant a rebondi *plusieurs fois* : un globe de feu tombe sur le sol, rejaillit pour retomber à 3 mètres plus loin; il saute encore pour atteindre le sommet d'un mur de clôture qu'il suit dans une longueur d'environ 30 mètres, et de là il s'élance sur le pavé (Peltier).

Deux boules de feu circulent dans une chapelle à Madrid; l'une d'elles se subdivise en plusieurs autres qui, avant de se dissiper, bondissent à plusieurs reprises comme des balles élastiques.

Une boule de feu, de la grosseur d'une forte bille d'enfant, suit une noue de plomb en scintillant (Hubert).

Une autre, du volume du poing, pénètre dans une cuisine par la cheminée et parcourt en sautillant cette cuisine, une antichambre et une cour (Palmstrom).

Passage à travers des orifices. — Le globe fulminant, malgré son volume, *passe quelquefois par des orifices fort étroits.*

Un globe de feu, qui était entré dans la chambre d'un ouvrier tailleur par le bas de la cheminée, après s'être promené quelques moments un peu au-dessus des briques du

pavé, s'éleva verticalement, et, à la hauteur d'un mètre, s'allongea un peu, se dirigea vers un trou percé dans la cheminée et fermé par du papier qu'il décolla sans l'endommager, puis remonta dans la cheminée.

La foudre qui tomba sur le clocher de Stralsund passa par un trou rond et étroit qui était en haut de la voûte d'une église, et apparut sous la forme d'une boule de feu, forme qu'elle avait très-probablement auparavant.

Le cas suivant est remarquable par cette circonstance, que la masse ignée, après avoir passé par un espace beaucoup plus étroit que son diamètre, *est ressortie en reprenant sa forme première*. Un météore igné d'un mètre de diamètre se divisa en deux portions qui pénétrèrent dans un four à tuiles par les intervalles, de 15 centimètres chacun, qui se trouvaient au bas des portes des deux bouches; il ressortit bientôt par les mêmes orifices, ayant la même apparence et tout au moins le même volume qu'en y entrant. Le même phénomène se répéta quelques minutes après (de la Pylaie). (Voir p. 143.) Nous en avons déjà signalé d'autres exemples.

Mouvement de translation. — Le globe fulminant *roule* sur le plancher des appartements, sur le pavé des rues, sur un pré, sur un sentier, sur la terre sèche et sablonneuse, sur le pont des navires; enfin on aurait vu un globe de feu, du volume d'une grande meule de moulin, rouler sur la surface de la mer et venir éclater tout près d'un navire.

Souvent la foudre globulaire, arrivée sur le sol, roule *en contact avec lui;* quelquefois cependant elle parcourt un trajet horizontal ou légèrement oblique à *quelque distance de sa surface.* Ainsi :

Un globe lumineux se promena lentement à peu de distance au-dessus des briques du pavé d'une chambre. — Un autre se mouvait horizontalement dans l'air, à 4 mètres à peine de terre; une servante courba instinctivement la tête et le corps, craignant d'être atteinte. — Un autre, enfin, marchait presque horizontalement au milieu d'une rue, au niveau des fenêtres du second étage.

La foudre en globe *pénètre* dans les habitations de l'homme par les portes, par les fenêtres ou par la cheminée, quelque-

fois en perforant le toit ou un mur. — Dans certains cas, sans qu'on sache comment elle est arrivée, on la voit tout à coup apparaître à la porte d'une chambre, d'un salon. —Une circonstance à noter, c'est que parfois le globe fulminant *se dirige*, en roulant sur le sol, vers l'habitation de l'homme et y pénètre. Ainsi :

Une boule de feu, après avoir roulé le long de la colline de Malvom, entra dans un bâtiment où plusieurs personnes étaient réunies. — Une autre roula sur le sol et fit invasion dans une cabane. — Une troisième, après avoir ainsi roulé sur le sol, pénétra dans une serre où plusieurs personnes se trouvaient.—Une quatrième, enfin, descend par la cheminée, roule sur le plancher, traverse une cuisine, une antichambre dont la porte venait d'être ouverte, sort dans la cour, la traverse et entre dans une grange en face, puis elle monte le long du mur et éclate au niveau du toit (Palmstrom).

Une fois dans l'habitation de l'homme, elle y circule parfois dans plusieurs pièces, dans les corridors, pour s'éteindre, pour éclater ou pour sortir par la cheminée, par une fenêtre ou par une porte.

En rase campagne, la foudre en globe, après un trajet plus ou moins long sur le sol, va quelquefois se perdre dans un ruisseau, dans une mare d'eau ou dans un abreuvoir.

Quant au corps des navires, elle y pénètre parfois par les sabords, comme on l'a observé sur le *Dictator* et sur la *Coronation*. — Elle en sort par diverses voies ; nous signalerons en particulier ce qui arriva au *Chichester :* la boule de feu qui atteignit l'un de ses mâts pénétra dans le navire et en sortit par les boulons de cuivre, en déchirant le doublage au-dessous de la ligne d'eau.

Vitesse. — Le plus ordinairement la foudre en globe se meut *lentement ;* c'est là un de ses plus remarquables caractères. En voici quelques exemples :

Une boule de feu descendit *lentement* sur un arbre. — Une autre traversa *lentement* une cuisine. — Les mouvements du globe de feu dans la chambre d'un ouvrier tailleur furent *lents* et non saccadés; le météore circula pendant plusieurs secondes autour des pieds de cet ouvrier. — Une boule de

feu courait dans une chambre avec *la vitesse d'une souris*. — Le globe de feu de Beuzeville marchait avec *une vitesse modérée que l'œil suivait très-bien*. — Plusieurs personnes accompagnaient un globe de feu, dans une des rues de Milan, en marchant d'un pas que les soldats nomment le *pas forcé*. Ce globe fut suivi des yeux pendant trois ou quatre minutes avant de disparaître sur la croix du clocher.

La durée du phénomène, quoique beaucoup moindre dans les deux cas suivants, a cependant été remarquable : celle du globe foudroyant de la cité Odiot fut de plus d'une minute. — Un globe de feu mit plus d'une minute pour se perdre dans un abreuvoir, après avoir roulé sur le sol.

Souvent les éclairs en boule sont restés visibles pendant 8, 10 secondes ; parfois ils ont paru simplement *poussés par le vent* ou être *entraînés par un courant d'air* (1).

Le globe foudroyant éprouve parfois quelques instants d'*arrêt*, soit dans sa course atmosphérique, soit dans son trajet sur le sol. Ainsi :

Un globe de feu oscilla pendant assez longtemps au-dessus de Steeple-Ashton, avant de tomber perpendiculairement sur un bâtiment. — Un autre resta quelque temps aussi suspendu, puis se précipita sur le sommet d'une grange de la commune de Maffels. — Le ballon de feu de la cité Odiot (2) resta un instant comme suspendu à 15 ou 20 pieds au-dessus d'un arbre. — Une boule de feu, qui roulait sur le sol, après un moment d'hésitation, prit une autre direction que celle qu'elle suivait primitivement. — Une autre enfin s'arrêta immobile, par terre, au seuil de la porte d'un salon, et assez longtemps pour être vue de toute une réunion, puis elle s'avança jusqu'au milieu de ce salon.

Disparition. — Sur vingt-sept cas, le globe foudroyant *a éclaté* dix-sept fois. Dans les dix autres cas, il a *disparu sans éclater*.

1° *Il disparaît sans éclater*. — Tantôt, après un trajet plus ou moins long sur le sol ou dans des bâtiments, il s'élève

(1) On peut lire avec fruit une remarquable relation adressée à M. Pouillet et consignée dans les *Comptes rendus*, t. XXXV, p. 400 (1852).

(2) *Comptes rendus*, t. XXXV, p. 192 et 194.

dans l'air et s'évanouit sans bruit, ainsi que le vicaire d'Œsterwahla l'a constaté. — Tantôt, arrivé sur un terrain découvert, il tourne, s'agite sur lui-même et s'éteint ensuite en exhalant une odeur sulfureuse. On l'a vu s'éteindre aussi de cette manière sur le plancher d'une chambre, sur le sol d'une serre, sur le trottoir d'une rue. — D'autres fois, à mesure que son contact avec le sol se prolonge, sa masse s'amoindrit; bientôt il trace un sillon serpentant et se réduit à une lanière mince et lumineuse qui disparaît elle-même. — Ou bien encore c'est au moment où il touche un objet métallique qu'il disparaît sans éclater. L'un de ces globes, par exemple, après une marche ascendante dans une rue, alla frapper la croix d'un clocher et s'éteignit subitement. — Un autre alla se poser comme un oiseau sur un fil télégraphique et s'évanouit à l'instant. — Enfin la foudre globulaire, après avoir circulé sur le sol, se précipite et disparaît dans une pièce d'eau, dans une rivière, dans un abreuvoir.

Lorsque le globe fulminant s'éteint en contact avec le sol, tantôt il ne laisse *aucune trace*, tantôt, au contraire, il abandonne une sorte de *résidu*. Le fait suivant est, sous ce rapport, d'un très-vif intérêt : La foudre pénétra dans la maison d'un garde forestier, près de Minbourg; un de ses rayons atteignit une carabine chargée et appuyée sur le mur d'une chambre. Le sol sur lequel reposait la crosse de l'arme était recouvert d'une couche de terre glaise et l'on vit le rayon y brûler pendant quatre à cinq minutes, sous la forme d'une masse du volume d'un petit œuf de poule et d'un rouge foncé. La substance qui fut trouvée à l'endroit où le phénomène avait eu lieu fournit du salpêtre à l'analyse.

2° *Le globe éclate.* — Très-souvent (dix-sept fois sur vingt-sept) le globe foudroyant éclate et se divise en un plus ou moins grand nombre de parties variables dans leur forme, leur volume et leur direction.

Parfois il éclate à une certaine hauteur dans l'atmosphère : un globe de feu, par exemple, avant d'atteindre le clocher d'Epperin, s'était déjà brisé en plusieurs fragments. — Mais le plus ordinairement, c'est au moment où il frappe un édifice, une maison, ou bien après avoir circulé dans une

chambre ou sur le sol nu que le météore éclate et lance des feux divers. Alors :

Tantôt le globe foudroyant se divise en *plusieurs boules de feu*. L'un d'eux se partagea ainsi sur le toit du bâtiment de l'Université de Breslau. — Le globe igné de Sainte-Anne-d'Auray projeta, en éclatant, de nombreuses petites boules enflammées. — Une des deux boules de feu qui entrèrent dans la chapelle royale à Madrid se subdivisa en plusieurs autres qui se dissipèrent bientôt. — Parfois les boules secondaires *éclatent à leur tour*. Ainsi le globe de feu qui fit invasion dans l'église de Stralsund y lança comme plusieurs grenades qui éclatèrent avec bruit. — Un autre, s'étant avancé jusqu'au milieu d'un salon, s'y divisa en plusieurs petites masses qui, elles-mêmes, firent explosion comme les étoiles d'une fusée.

Tantôt les globes foudroyants lancent de tous côtés des *traits de feu*, des *serpenteaux* qui se meuvent quelquefois en *zigzag*. Le globe igné qui éclata sur Strasbourg, en 1825, lança avec fracas plusieurs éclairs en zigzag. — Les boules qui éclatèrent à Œsterwahla furent comparées aux bombes de nos feux d'artifice remplies de serpenteaux. — Le globe qui éclata au milieu d'une rue de Morges lança plusieurs traits de feu dont un pénétra dans une boutique en trouant un carreau. — Lorsque le ballon lumineux de Beaujon éclata, il sortit de cette sorte de machine infernale une douzaine de rayons de foudre en zigzag qui allèrent de tous côtés frapper les objets environnants ; l'un d'eux troua un mur comme l'aurait fait un boulet de canon. — Enfin les traits de feu que des globes ignés *volcaniques* projetaient dans tous les sens se mouvaient tous en zigzag.

On a vu un des éclats du météore brûler avec une flamme blanche, vive et brillante et tourner comme un soleil de feu d'artifice.

D'autres fois le globe de feu, en s'entr'ouvrant, livre passage à des flammes qui se divisent elles-mêmes en plusieurs autres. Un globe lumineux de 2 pieds de diamètre, observé sur une des montagnes du Cantal, s'ouvrit et laissa couler une flamme vive dont quelques parties allèrent en bas et d'autres en divers sens; en s'étendant, elles devinrent plus

claires et disparurent aussitôt.— Une autre boule de feu se divisa sur le parquet d'une chambre en un grand nombre de petites flammes qui se dirigèrent dans une cuisine et y mirent le feu à du bois.

Enfin le globe foudroyant, en éclatant, laisse une foule d'*étincelles* semblables à celles qui jaillissent d'un fer rouge sur l'enclume. Ce fut comme une *pluie de feu* qu'on remarqua au Quesnoy; et un globe ardent, au moment où il toucha le sol, rejaillit en gouttelettes comme un métal en fusion et s'éteignit sur-le-champ.

Bruit d'explosion. — Le *bruit* que fait le globe foudroyant au moment où il éclate est très-variable dans son timbre et dans son intensité.—Quelquefois (six fois sur vingt et un cas), et lors même que le météore éclate très-près de l'observateur et même dans une chambre ou dans tout autre lieu bien fermé, le bruit n'est pas très-intense; il est semblable, par exemple, au bruit d'un pétard, d'un pistolet, d'un mousquet; à celui d'une livre de poudre jetée sur le feu à l'air libre. — Mais le plus ordinairement (quinze fois sur vingt et un cas), et quoique le météore éclate à l'air libre, à ciel découvert, le bruit qu'il produit est beaucoup plus intense et même souvent d'une énorme violence. Pour nous servir des expressions de ceux qui l'ont entendu, ce bruit était semblable à celui d'un canon entendu de près (cinq fois), d'un gros mortier également entendu de près; de vingt canons et même de cent canons tirant à la fois. — Il était comparable au plus fort éclat du tonnerre, sans redoublement (quatre fois). Et, dans trois autres cas, le fracas était épouvantable, horrible, ou tel qu'on n'avait jamais rien entendu de pareil.

Le bruit n'est pas toujours proportionné au volume du globe foudroyant ; ainsi la boule de feu qui apparut à Steeple-Ashton, près de Pitcairn, avait seulement 2 centimètres de diamètre et cependant elle éclata comme un canon. Toutefois, en général, les petites boules de feu ne font entendre qu'un bruit de pétard ou de pistolet, tandis que le bruit des globes foudroyants de très-gros volume est le plus ordinairement d'une effrayante intensité ; rappelons que le météore, semblable à une meule de moulin, qui éclata près du navire

le *Montagne*, fit un bruit comparable à celui de cent canons tirant à la fois et que la détonation du ballon de feu de *Beaujon* fut si forte qu'elle renversa trois hommes dans la rue et jeta une vive alarme dans tout le quartier.

Ces énormes détonations sont presque toujours remarquables par leur brièveté et l'absence de redoublement : celle qui fit trembler le *Montagne* ne dura peut-être qu'une demi-seconde.

Sur vingt et un cas où le globe fulminant a éclaté avec un bruit intense, dix-sept fois le phénomène a eu lieu à l'air libre, savoir : neuf fois à une petite hauteur dans l'atmosphère (très-près d'une tour, d'une cheminée, à mi-chemin du sommet d'un édifice et du sol); quatre fois sur la terre nue ou sur le pavé; quatre fois sur le pont ou près du pont d'un navire. — Dans les quatre autres cas, la boule de feu a éclaté avec bruit dans une chambre, dans une église, dans une sacristie.

ART. 2. — EFFETS GÉNÉRAUX.

1° *Sur le sol.* — La foudre en globe agit parfois *sur le sol*, comme la foudre vulgaire, pour le *sillonner*, le *creuser* et le *vitrifier*. — Le globe de feu de Hautefeuille lançait autour de lui la terre du sillon qu'il creusait dans le sol en brûlant l'herbe sur tout son parcours. — Le globe de feu observé près de l'hôpital Saint-Louis creusa sur le sol formé de remblais nouveaux un enfoncement de 18 centimètres de diamètre; puis il rejaillit pour tomber à 3 mètres plus loin, où il fit une nouvelle excavation de 9 centimètres de diamètre. — Au fond d'un entonnoir creusé dans le sol, au-dessus d'un bouquet de sapin frappé par la foudre globulaire, on trouva un *culot de verre noir*.

2° *Sur les édifices et sur les maisons.* — La foudre en globe produit, sur les *édifices* et sur les *maisons*, les effets de la foudre vulgaire ou linéaire, et parfois ils sont d'une violence énorme. Par exemple :

A Glocester, une tourelle fut emportée. — Les murailles et le toit de l'église de Gouesnon sautèrent comme par l'effet

d'une mine. — Le clocher de l'église de Buckland fut renversé en partie, et plusieurs pierres qui pesaient plus de 700 livres furent lancées au loin. — Enfin toute la partie supérieure du fronton de l'une des portes de la cathédrale de Bordeaux fut enlevée et jetée sur la voûte transversale.

3° *A bord des navires.* — Nous en dirons autant des effets de la foudre globulaire *à bord des navires ;* ils sont quelquefois d'une grande intensité. Ainsi :

Le grand mât du *Squirrel* fut creusé jusqu'au tiers de son épaisseur. — Le grand mât de perroquet du *Rodney* fut fracassé. — Le grand mât de perroquet et le grand mât de hune du *Duke* furent brisés, et son grand mât fut fendu jusqu'à 14 pieds au-dessus du pont. — Le grand mât de hune du *Montagne* fut brisé en plus de cent pièces, et le grand mât fut fendu dans toute sa hauteur.— Enfin *le Moïse*, frappé comme les précédents par un globe de feu, tomba en trois minutes. — Nous ajouterons que l'un des mâts du *Warren-Hastings* fut embrasé ; que l'aimantation des boussoles du *Chichester* fut détruite, et que les montres des passagers s'arrêtèrent. Ces navires avaient tous été atteints par la foudre en globe.

Perforations et brûlures. — La foudre en globe *troue*, *perfore* souvent les objets qu'elle frappe. — Un mur fut troué, comme par un boulet de canon, par un des éclats du ballon de feu de la cité *Beaujon.* — Un globe de feu perça le mur d'une grange à Effels, et y tua deux juments et une vache. — Le parquet d'une salle à manger, une tuile, une vitre, furent également perforés par des éclats du météore. — Quant aux métaux, nous rappellerons que le globe ardent qui pénétra et se subdivisa dans une maison à Œsterwahla, fit un ou plusieurs trous à de nombreux ustensiles de cuisine. — Enfin la foudre en globe perça d'un petit trou le corsage d'une jeune fille. — Un autre ayant éclaté à Everdon, au milieu d'un groupe de moissonneurs, on trouva, à la surface du corps des blessés et des tués, un grand nombre de brûlures lenticulaires ou punctiformes.

La foudre en globe ne brûle pas toujours les corps qu'elle touche; plusieurs fois elle a frappé des maisons, des édifices et des navires sans laisser la moindre trace de feu. Ainsi :

L'énorme globe de feu qui ravagea la tour de Chemnitz, le globe igné qui pénétra à travers un mur dans une écurie et y tua deux juments et une vache, celui qui tomba sur une maison de la commune de Montigny-le-Roi, celui qui décortiqua un arbre comme l'aurait fait un instrument tranchant, ne mirent le feu nulle part et ne laissèrent même aucune trace d'ignition.

Notons aussi que parfois la foudre globulaire touche l'homme sans le brûler, sans même lui faire éprouver la moindre sensation de chaleur : deux jeunes filles furent touchées, l'une sur le dos, l'autre aux jambes; deux hommes furent simultanément atteints par une boule lumineuse, et ces quatre personnes, tout en recevant une commotion plus ou moins vive, n'éprouvèrent cependant aucune sensation de chaleur. — Il en fut de même de deux jeunes gens autour des pieds desquels circula une boule électrique.

Malheureusement il n'en est pas toujours ainsi; souvent, la foudre en globe brûle les vêtements et la surface du corps de l'homme et met le feu à des maisons, à des édifices ou à des navires.

Le globe de feu qui, entier, n'a mis le feu nulle part et n'a pas même causé de sensation de chaleur aux personnes qu'il touche, lance cependant en éclatant des flammes et des serpenteaux incendiaires. Nous avons cité un exemple de ces faits (1) :

Effets sur l'homme. — Les effets de la foudre en globe sur l'homme sont très-variés; tantôt nuls ou presque nuls, tantôt de la plus haute gravité.

1° Quelquefois la foudre en globe passe entre des personnes, circule autour d'elles sans les blesser, sans même leur faire éprouver de vives sensations. On a pu observer ce phénomène dans la rue, dans l'intérieur des maisons et des édifices et sur les navires.

Parfois la foudre en globe, sans éclater et sans toucher l'homme, lui a fait éprouver des sensations plus ou moins pénibles, mais sans conséquence sérieuse.

(1) *Foudre en globe, maisons, chaumières*, obs. 8.

2° Quelquefois la foudre en globe touche l'homme, sans éclater, et ne produit sur lui que de légers effets, même quand le contact s'est répété un certain nombre de fois.

Dans quelques cas, il y a eu de légères blessures : c'est ce qui arriva à Pitcairn.

3° On a vu la foudre en globe éclater au milieu de plusieurs personnes, les renverser sans donner lieu à de notables accidents.

4° Mais ce n'est pas toujours que les effets de la foudre en globe sont aussi innocents, souvent il arrive que la foudre en globe frappe de mort ceux qu'elle atteint. Des brûlures, suivies de sphacèles, ont ainsi amené la mort d'un campagnard. Nous avons cité le coup qui frappa de mort le physicien Richman, l'événement de Château-Neuf-les-Moutiers. Nous ajouterons qu'à Feltri, soixante-seize personnes furent tuées ou blessées par la chute de la foudre en globe.

Les lésions produites sur l'homme par la foudre en globe nous ont paru tout à fait analogues à celles causées par la foudre vulgaire.

Action des paratonnerres sur la foudre en globe. — Plusieurs auteurs ont avancé ou bien ont soupçonné que la foudre en globe ne subissait pas les mêmes influences que la foudre linéaire ou vulgaire ; que, par exemple, elle se soustrayait en quelque sorte à l'action des pointes élevées, à celle des paratonnerres, à celle des lignes métalliques qui entrent dans la construction des bâtiments et en général à celle des métaux, en sorte que les paratonnerres restaient presque sans action contre cette forme redoutable de la foudre.

Les paratonnerres les mieux établis se montrent souvent inefficaces contre la foudre en globe, dit M. Boudin.

Ces globes de feu expliquent, dit M. Arago, comment dans quelques circonstances, très-rares il est vrai, de bons paratonnerres ont été inefficaces.

M. Babinet signale l'indifférence apparente de la foudre en globe pour les conducteurs métalliques, que la foudre ordinaire suit avec tant de fidélité.

Voyons si l'examen des faits est réellement favorable à cette théorie.

Maintes fois la foudre en globe, agissant identiquement comme la foudre linéaire, a frappé les objets fortement saillants à la surface du sol, tels que les sommets des maisons, les cheminées et les clochers. Ainsi les clochers de Buch, de Buckland, de Crailsheim, des Grands-Augustins à Paris, de la Madeleine à Strasbourg, la croix d'un clocher à Milan, le sommet de la tour de Chemnitz ont été frappés par une foudre en globe.

Et même le clocher de Solingen, non armé de paratonnerre, fut atteint par une foudre globulaire, pendant trois années consécutives (1816-1818).

Souvent aussi la foudre en globe a frappé les mâts des navires à leur sommet ou sur leur longueur. Ce phénomène a été remarqué à bord de l'*Armada*, du *Chichester*, du *Competitor*, du *Duke*, du *Moïse*. Le grand mât du *Squirrel* fut atteint par le globe de feu aux deux tiers de sa hauteur à partir du pont. Le *Warren-Hastings* ayant été frappé à trois reprises pendant le même orage, chaque fois la foudre en globe atteignit ses mâts. — Parfois, il est vrai, les mâts et leurs ferrures n'ont pas paru avoir d'influence sur la foudre globulaire; ainsi une boule de feu passa obliquement entre le mât de misaine et le grand mât du *Vanguard* et elle alla près du faux-pont; mais nous verrons la foudre linéaire agir quelquefois de la même manière.

Notons aussi que la foudre en globe suit assez docilement les *agrès*, les *cordes mouillées* : une boule de feu descendait le long des agrès du grand mât du *Competitor* et disparut dans l'eau à tribord. Une autre suivit des cordes mouillées à bord du *Cambrian*.

De cet ensemble des faits, nous croyons pouvoir conclure, contrairement à l'opinion assez généralement admise, que le *plus ordinairement* la foudre globulaire, lorsqu'elle a traversé l'atmosphère, frappe les paratonnerres, suit leurs conducteurs, ainsi que les gouttières et les conduites métalliques des maisons, comme la foudre vulgaire ou linéaire, et qu'ainsi les paratonnerres et les armatures métalliques naturelles des bâtiments sont, dans ce cas, d'un très-grand secours, *même contre la foudre en globe*.

Nous devons toutefois reconnaître qu'il est plusieurs circonstances où malheureusement les paratonnerres perdent beaucoup de leur efficacité contre la foudre en globe. C'est : 1° lorsque le globe foudroyant *éclate* au-dessus et près d'un paratonnerre ; alors, parmi ses parcelles il en est qui frappent ailleurs que sur le paratonnerre ; 2° lorsque après sa chute sur le sol le globe électrique se dirige en roulant vers une habitation, qu'il éclate dans son voisinage ou pénètre dans son intérieur.

Et ce que nous disons des paratonnerres proprement dits est également vrai des armatures naturelles des bâtiments. En voici un exemple frappant : une cabane au Grand-Malverne était recouverte d'un *toit en tôle de fer* qui semblait devoir la protéger contre la foudre ; mais un globe électrique étant tombé à quelque distance de là, roula sur le sol dans la direction de cette cabane, y pénétra, et y tua deux personnes.

ART. 3. — MÉTÉOROLOGIE.

Rapport entre la foudre en globe et les orages. — Une chose assez curieuse et qui est consignée dans plusieurs ouvrages, c'est que les éclairs globulaires apparaissent fréquemment au milieu des orages volcaniques ; mais ils ne se montrent pas exclusivement dans les orages de cette espèce et, de plus, il arrive que des foudres globulaires se mêlent aux éclairs linéaires ordinaires (Babinet). — Parfois aussi des coups de foudre ordinaire se compliquent de la présence de foudres globulaires.

Rapport entre l'apparition du globe, l'éclair, le tonnerre et le foudroiement. — Lorsque, pendant un orage, la foudre en globe tombe sur la terre, on observe, dans un certain nombre de cas, un *éclair diffus et instantané*, puis la *boule de feu elle-même*. On entend le tonnerre proprement dit dans la nuée et le *bruit que fait le globe foudroyant en éclatant*. Or, nous avons à faire quelques remarques sur la succession de ces phénomènes.

Parfois l'éclair diffus brille instantanément ; il est presque

immédiatement suivi d'un éclat de tonnerre, puis l'on voit un globe de feu s'échapper du nuage orageux. Cette succession a été ainsi indiquée dans une relation de M. Hapouèle. — M. Meunier se trouvait dans une rue de Paris (la rue de Montholon) lorsqu'un éclair ordinaire fut presque immédiatement suivi d'un coup de tonnerre; alors apparut une boule énorme et lumineuse qui éclata au milieu de la rue. — Selon Daquin, un éclair diffus et un coup de tonnerre se suivirent presque subitement et un globe de feu vint frapper une tour.

Plusieurs fois aussi on a entendu un coup de tonnerre sans qu'il soit fait mention de l'éclair instantané, qui sans doute a eu lieu ou qui peut-être a manqué réellement, et l'on a vu une boule de feu apparaître dans une des pièces de la maison où l'on se trouvait. Ainsi :

Un ouvrier serrurier-mécanicien entend un violent coup de tonnerre et voit un globe de feu pénétrer dans son atelier. — Un ouvrier tailleur entend aussi un grand éclat de tonnerre et, bientôt après, un globe lumineux, gros comme la tête d'un enfant, sort doucement de la cheminée, se promène dans la chambre et remonte par la même cheminée; alors a lieu une explosion épouvantable qui détruit en partie le faîte de cette cheminée. — Les révérends Wainhouse et Pitcairn, alors dans une chambre, furent subitement interrompus dans leur conversation par un coup de tonnerre, et au même moment, ils virent entre eux un globe étincelant. — M. Steinheim cite un cas semblable. — Ce fut encore après avoir entendu deux violents coups de tonnerre que plusieurs personnes virent un globe de feu entrer dans la cuisine où elles étaient assises.

D'autres fois, au contraire, le bruit du tonnerre dans la nue *suit de près* la chute du globe foudroyant sur la terre : dans un cas, par exemple, un éclair diffus et instantané brilla, puis un énorme météore igné apparut près d'un four à tuiles et ce ne fut qu'après son entrée dans ledit four qu'on entendit l'explosion du tonnerre dans les nuages. — Un nuage noir et épais était au-dessus de Rossnau : on vit briller un éclair, puis il sortit de ce nuage un globe de feu qui se dirigea rapi-

dement sur une maison; enfin on entendit un coup de tonnerre.

Ainsi le bruit du tonnerre dans la nue tantôt *précède*, tantôt *suit* l'apparition du globe de foudre; cette différence peut s'expliquer surtout par la rapidité plus ou moins grande avec laquelle ce globe se meut dans l'atmosphère, en sorte qu'il peut marcher plus lentement ou plus rapidement que l'onde sonore.

On dit qu'on n'a plus rien à redouter d'une décharge foudroyante dont on a vu l'éclair diffus et à plus forte raison dont on a entendu le bruit. Cela est vrai s'il s'agit de la foudre *linéaire et instantanée*; mais cela ne l'est plus de la foudre en globe. Après avoir vu un éclair et même après avoir entendu le bruit du tonnerre qui lui correspond, on court encore le risque, très-rare, il est vrai, d'être atteint par le globe foudroyant qui peut accompagner cette même décharge.

Saisons. — Sur cent treize cas de foudre en globe, observés pour la plupart en Angleterre, en France, en Allemagne et quelques-uns seulement en Belgique, en Suède, en Suisse, dans le nord de l'Italie et en Espagne, nous avons trouvé la répartition suivante :

Décembre	6	20 pour l'hiver.
Janvier	7	
Février	7	
Mars	9	23 pour le printemps.
Avril	4	
Mai	10	
Juin	13	52 pour l'été.
Juillet	21	
Août	18	
Septembre	9	18 pour l'automne.
Octobre	6	
Novembre	3	
	113	

Ainsi la foudre en globe a été au moins deux fois plus fréquente en été, c'est-à-dire dans la saison des orages, que dans chacune des autres saisons et surtout qu'en hiver et en automne. Notons cependant la fréquence relative encore assez grande en hiver. Nous signalerons bientôt les différences qui

existent, sous ce rapport, entre la foudre en globe, les globes de feu et les météorolithes.

Quant à son *point de départ*, le plus ordinairement la foudre en globe est *descendante ;* il n'est pas rare cependant qu'elle soit *ascendante*. En effet nous avons cité plusieurs cas où l'on a vu des globes de feu s'élever du sol dans l'atmosphère ; et, s'il faut en croire quelques relations dont nous laissons la responsabilité à leurs auteurs, on aurait surpris, en quelque sorte, la foudre globulaire ascendante au *moment de sa naissance* ; on l'aurait vue, par exemple, se former à une très-petite distance du sol, à la surface du pavé, sortir du plancher d'une église, d'une excavation remplie d'eau croupissante ou d'eau pluviale, d'un terrain humecté par de l'eau de fumier ; ou bien, au contraire, d'un brasier et même d'un tison à demi-consumé. — Nous avons compris à dessein, dans cet exposé, non pas seulement les météores en forme de globes, mais encore ceux sous forme de flammes ou de masses ignées sans contours bien réguliers.

Éclairs en plusieurs branches dont quelques-unes sont terminées en boule. — Il arrive que les ramifications de certains éclairs se terminent par des boules de feu.

Le professeur Müncke rapporte qu'un éclair descendant verticalement, qui paraissait avoir une soixantaine de mètres de longueur, se transforma sous ses yeux en un grand nombre de petites boules (Arago).

P. Clare rapporte le fait suivant (1) : « Vers 9 heures, les nuages étaient très-épais, on a observé de fréquents éclairs en nappe ; parfois ils ont pris l'aspect des racines d'un arbre souvent terminées par des boules de feu, à l'extrémité de tous ou de quelques-uns seulement des rameaux. » — A plusieurs reprises, on a vu un torrent de lumière ; puis on a vu apparaître subitement un globe d'une dimension considérable qui s'est mis dans la direction des torrents de lumière, avec une si faible vitesse qu'on a pu aisément observer sa

(1) *Assoc. brit.*, 2e session (1850).

marche, et ce phénomène s'est répété plusieurs fois dans le voisinage du même point.

Foudre globulaire des éruptions volcaniques. — Des *globes lumineux* se montrent plus fréquemment encore au milieu des orages volcaniques que pendant les orages ordinaires. Durant les éruptions du Vésuve de 1775 à 1794, Hamilton et d'autres observateurs en virent à plusieurs reprises de très-considérables qui, après s'être élancés de l'épais nuage de cendres, éclataient en l'air comme les bombes de nos feux d'artifice au milieu desquelles on a placé des serpenteaux. Les flammes que ces globes projetaient dans tous les sens, au moment de leur explosion, se mouvaient toujours en zigzag.

Foudre en globe des tremblements de terre. — Le 13 mai 1682, il y eut à Rèmiremont, sur la Moselle, un violent tremblement de terre accompagné d'un bruit semblable au tonnerre et d'éruptions de flammes, sortant d'une ouverture ou fente dont on voulut en vain mesurer la profondeur et qui se referma d'elle-même : les flammes qui étaient plus abondantes dans les lieux plantés n'embrasaient rien. Ce dernier phénomène, dit Bertholon, indique bien un feu électrique.

Le 7 juin 1779, dit M. Chabot, on ressentit à Bologne des secousses de tremblement de terre, et ce même jour, à six heures du soir, plusieurs personnes étant sur la Montagnola, à la porte de la ville, aperçurent sur la montagne di San Michaël in Bosco, une grande quantité de globes lumineux qui s'élevaient avec force de la terre dans l'air et qui, par leur nombre prodigieux, ressemblaient à une pluie de feu (1).

En 362, lorsque Julien entreprit follement de rebâtir le temple de Jérusalem, il sortit tout d'un coup des globes terribles de feu pendant des secousses de tremblement de terre (2).

(1) Bertholon, *Mém. sur les causes électriques des tremblements de terre, Soc. roy. des sc. de Toulouse.*
(2) *Ibid.*, p. 80.

Foudre en globe sous forme de nuage obscur roulant. — Parfois, au lieu d'un globe lumineux, brillant et régulièrement circonscrit, on voit un *petit nuage* blanc, gris ou noir, assez bien délimité, qui se meut ou roule lentement sur la terre ou sur le plancher, et répand une odeur sulfureuse. Ce fait intéressant est signalé dans deux observations qui nous laissent malheureusement dans l'ignorance sur le mode de naissance et de disparition du météore.

Au rapport de Scheuchzer (1), le 23 mai 1712, entre deux et trois heures après midi, la maison de M. Escher, près de Bade, fut atteinte par un globe de feu qui s'y divisa et agit sur elle comme la foudre ordinaire. Nous signalerons cependant un phénomène tout à fait exceptionnel : une personne entrait dans une des chambres de cette maison lorsqu'elle vit un *petit nuage blanc* d'un pied et demi environ, il fumait à son sommet et se mouvait assez lentement sur le plancher. Le témoin recula effrayé et alla chercher du secours.

De la nature de la foudre en globe. — M. de Tessan considère la foudre en globe « comme une bouteille de » Leyde fortement chargée, dont les parois isolantes, au lieu » d'être en verre, sont formées d'une couche sphérique d'air » sec, fortement comprimé par suite de l'attraction mutuelle » des deux électricités accumulées sur les faces de cette » couche, et dont l'intérieur contient de l'air plus ou moins » raréfié, et par suite plus ou moins conducteur de l'élec- » tricité.

» En effet, une bouteille de Leyde ainsi constituée présen- » terait l'aspect d'une sphère lumineuse par suite de la com- » binaison lente des deux électricités qui s'effectuerait à » travers la couche d'air comprimé, qui ne peut être par- » faitement isolante. Elle n'exercerait à distance que de » faibles actions attractives et répulsives sur les corps exté- » rieurs, puisque l'électricité y serait, pour la plus grande » partie, dissimulée. Elle pourrait être, ou moins pesante ou » plus pesante que l'air déplacé, suivant la plus ou moins

(1) *Eph. ac. N. c. d'Anv.*, IV cent., 1-2, obs. 185 (1712).

» grande raréfaction de l'air intérieur, suivant la compression » moins grande ou plus grande de la couche isolante, et » enfin suivant l'élévation de sa température. Elle peut donc » avoir une densité telle, qu'elle obéisse à la moindre impul- » sion de l'air ambiant. Mise, par simple contact extérieur, » en communication électrique avec la terre, elle persisterait » dans son état primitif, puisqu'elle ne perdrait par ce con- » tact que la faible quantité d'électricité qui pourrait se » trouver libre à cet instant sur sa face extérieure. Mais si » un corps conducteur, même isolé, pénétrait la couche iso- » lante de manière à mettre en communication directe la face » extérieure de cette couche avec sa face intérieure, alors les » deux masses d'électricité accumulées sur ces faces se com- » bineraient instantanément à travers le corps conducteur, » et l'air de la couche isolante n'étant plus comprimé par » l'action mutuelle de ces deux masses d'électricité, se dila- » terait subitement en se projetant dans le vide intérieur et » vers l'extérieur : il y aurait en un mot explosion.

» Et cette explosion serait d'autant plus forte, que la » couche isolante était auparavant plus comprimée, c'est-à- » dire que la charge électrique était plus forte, et aussi que » l'air intérieur était plus raréfié et la température plus » élevée. D'ailleurs la recomposition des deux électricités à » travers la couche isolante ayant dû produire de l'ozone, on » percevrait son odeur après l'explosion. Tous ces phéno- » mènes sont précisément ceux que l'on a observés dans le » cas de foudre en boule (1). »

Si une décharge électrique intense qui a suivi d'abord un corps bon conducteur, se trouve arrêtée tout à coup, par exemple, parce que le conducteur se replie à angle droit ou aigu, elle se condense. Les atomes qui la constituent, et qui, comme tous les atomes matériels, s'attirent en raison inverse du carré de la distance, devenus alors très-rapprochés et pressés l'un contre l'autre, peuvent céder à leurs attractions mutuelles et prendre momentanément la forme sphérique, qui est la forme naturelle d'équilibre, en même temps que

(1) *Comptes rendus*, t. XLIX (1859).

leur vitesse de translation se ralentit. La foudre alors n'est plus animée d'une grande vitesse ; elle chemine au contraire lentement, et l'œil peut la suivre pendant quelques secondes. Mais, en raison de la faible masse des atomes, cet équilibre serait très-instable; associés un instant, les éléments de la foudre en boule sont tout prêts à se séparer en faisant explosion; il suffirait pour les disjoindre et les faire éclater du contact d'un corps solide, et c'est ce qui arrive en effet dans la nature (1).

(1) Abbé Moigno, *Cosmos*, t. XIV, p. 674 (1859).

CHAPITRE VI

FOUDRE ASCENDANTE

SOMMAIRE. — Opinions des auteurs. — De la foudre ascendante observée directement. — Des effets de la foudre qui démontrent sa direction ascendante.

Opinions des auteurs. — Au lieu de se précipiter des nuages sur la terre, la matière fulminique s'élève parfois de terre pour constituer la *foudre ascendante*. Ce phénomène semble avoir été connu des anciens qui le désignaient sous le nom de *fulmina inferna* (Sénèque)

Cette idée n'avait plus guère cours dans la science, quand, en 1713, le marquis Scipio Maffei, ayant été témoin, au château de Fosdinovo, de l'ascension de terre d'un météore lumineux, étudia ce phénomène et publia son *Trattato della formazione de fulmini* (1) pour établir que la foudre se forme dans la terre et dans les lieux voisins de la terre. Depuis, un grand nombre de physiciens et de météorologistes ont publié des observations sur ce sujet.

Franklin, remarquant que les nuées orageuses sont souvent électrisées négativement, croit qu'une grande partie des foudres s'élèvent de terre. De Saussure, l'abbé Richard (2), l'abbé Chappe (3), ont admis la réalité et cherché à démontrer l'existence de la foudre ascendante.

Mais d'autres observateurs tendent à faire repousser la réalité de ce phénomène. « Il arrive quelquefois, dit M. Becquerel, lorsqu'un corps quelconque est prêt à être frappé » de la foudre, s'il se trouve en parfaite communication avec » le sol humide, la matière électrique s'élance au-devant de » celle du nuage pour opérer sa neutralisation ; c'est ce qui a » fait croire à quelques personnes que la foudre, au lieu de

(1) Vérone (1747).
(2) Abbé Richard, *Hist. de l'air*, t. VIII, p. 274.
(3) *Bull. de la soc. philom.*, t. I, p. 21 (1791-1799).

» tomber de l'atmosphère sur la terre, s'élevait quelquefois
» de la terre dans l'air. »

Hemmer nie l'existence de la foudre ascendante (1).

De la foudre ascendante observée directement. — Des observateurs distingués affirment *avoir vu distinctement* la foudre s'élancer de terre et s'élever dans l'atmosphère. Les observations, il est vrai, ne se rapportent point à la foudre linéaire ou vulgaire, qui marche avec trop de rapidité pour qu'il soit possible de distinguer si elle monte ou si elle descend, mais elles concernent *la foudre en fusée* et *la foudre en globe*.

C'est qu'en effet la foudre se présente assez fréquemment sous la forme d'une fusée, d'un courant ou d'une barre de fer qui s'élève assez lentement pour qu'on puisse distinguer son point de départ et son point d'arrivée : c'est presque toujours pendant la durée d'un orage que ce phénomène a lieu, et souvent alors les nuées sont noires, épaisses et basses. Tantôt elles dominent l'endroit même d'où la fusée part, tantôt elles en sont plus ou moins éloignées. Certains orages sont remarquables par la fréquence de ce phénomène. Ces fusées sont d'un feu vif et éblouissant, elles s'élèvent verticalement ou obliquement ; elles sont droites, ondulées ou en zigzag ; parfois même deux fusées s'élèvent en même temps de la terre et restent parallèles même dans leurs ondulations, à quelques mètres de distance ; elles se prolongent jusqu'à la nue ou disparaissent sans l'atteindre.

Elles s'élèvent avec un bruit sec ; parfois elles éclatent à une certaine hauteur avec une détonation violente mais sèche, et peu ou point redoublée. Le plus ordinairement, elles montent librement dans l'atmosphère ; parfois cependant, elles suivent les corps placés à la surface du sol, et l'une d'elles, par exemple, monta le long d'un mât destiné aux observations astronomiques et éclata à son sommet en projetant quelques étincelles. Les traces qu'elle laissa sur ce mât furent semblables à celles qui caractérisent le passage

(1) *Act. acad. Theod. palat. phys.*, t. VI, p. 339-341.

de la foudre ordinaire ou linéaire. — Citons quelques observations à l'appui de la description que nous venons de donner du phénomène.

Le 6 août 1767, l'abbé Chappe, d'Hauteroche, Cassini le fils et de Prunelay se trouvaient vers neuf heures du soir dans une pièce de l'Observatoire de Paris, au rez-de-chaussée de la terrasse, lorsqu'ils aperçurent tous très-distinctement un coup de foudre s'élever de terre à environ une lieue de là, du côté de Châtillon, dominé par un orage. Cette foudre avait la forme d'une *fusée;* sa grosseur et sa vivacité diminuaient à mesure qu'elle s'élevait; le coup de tonnerre qui suivit ne fut pas considérable. A dix heures un quart la pluie augmentait de plus en plus; la nuée orageuse gagnant un peu le sud, s'étendait déjà sur Paris. Les éclairs et les coups de tonnerre se succédaient presque sans interruption; les observateurs étaient toujours au même endroit, en face d'un mât situé sur la terrasse de l'Observatoire; ce mât, de 30 pieds et demi de hauteur, servait à élever de grandes lunettes pour les observations astronomiques, et sa tête portait un équigage de fer garni d'une poulie de même métal sur laquelle passe la corde destinée à cet usage; ajoutons que ce mât est isolé et éloigné du bâtiment de 22 toises, et de 32 de celui où étaient les observateurs. A dix heures et demie environ, dit l'abbé Chappe, un coup de foudre s'éleva dans la direction de ce mât, nous *l'aperçûmes avec une telle évidence que nous criâmes tous : Ah ! le voilà !* Le bruit se fit entendre immédiatement; j'étais convaincu que la foudre avait parcouru le mât, non-seulement parce que j'avais vu qu'elle avait suivi cette direction sous la forme d'une *fusée*, mais encore parce que j'*aperçus* très-distinctement dans l'air quelques étincelles après le coup de foudre : ces étincelles ressemblaient à celles qu'on voit après qu'une fusée s'est éteinte, et il me parut évident qu'elles étaient occasionnées par les parties du bois que la foudre avait détachées et qui avaient été enflammées; le mât était hérissé de clous : plusieurs d'entre eux avaient été atteints par la foudre, car ils étaient dépouillés de leur rouille jaunâtre, et étaient les uns d'une couleur noirâtre, les autres d'une couleur bleue sem-

blable à celle du fer rouillé qu'on a mis au feu. Plusieurs portions de la partie extérieure du mât avaient été brûlées, ce qui n'a pas été remarqué à la partie inférieure.

Le 3 mai 1769, l'abbé Chappe et d'Hauteroche, se trouvant près de Malino, petit hameau à environ 16 lieues de Mexico, aperçut vers le sud un gros nuage noir peu élevé au-dessus de l'horizon, le reste de l'atmosphère paraissait enflammé. Ce nuage était soutenu par trois espèces de colonnes à égale distance l'une de l'autre, dont la base touchait presque l'horizon ; tant qu'il resta dans cet état, des éclairs vifs et fréquents paraissaient aux trois endroits du nuage au-dessus de ces colonnes, et en même temps des traits de lumière électrique partaient, comme d'une aurore boréale, des points de l'horizon qui répondaient au dessous. Bientôt après le nuage s'affaissa et ce fut alors qu'on vit la foudre s'élever à tout moment de terre sous la forme de *fusée* et éclater vers le haut du nuage. Je craignais d'autant moins de me faire illusion à moi-même, ajoute l'abbé Chappe, que dans cette observation toutes les personnes de ma suite, l'interprète, les soldats de l'escorte qui n'étaient prévenus d'aucun esprit de système, furent les premières à remarquer ce phénomène. Une seule fois, la foudre nous parut partir du nuage. Deux jours après, nous vîmes encore à peu près le même spectacle et nous fîmes également la remarque que la foudre s'élevait de la terre assez lentement pour qu'on pût distinguer son origine et sa direction.

Il paraît que l'on voit souvent s'élever du sol pendant un orage, dans la plaine qui s'étend entre Vérone et Mantoue, des fusées d'un feu vif et éblouissant (Séguier).

L'abbé Bertholon en a observé près de Lyon le 28 octobre 1772, et près de Toulouse le 21 août 1774.

Un grand nombre d'autres observateurs ont signalé la foudre ascendante sous la forme d'une barre en zigzag (Mourgues), de sillons ondulés (Peltier), de flammes plus ou moins larges. Divers exemples sont rapportés avec détails (1) : Corradi, Vassalli, Toaldo, Hollman (2), le gé-

(1) *Voigt's mag*, t. II, p. 225.
(2) *Comm. soc. reg. sc. Goettingen*, f° III, p. 12 (1753).

néral Marsilli, les abbés Follini, Rofredo en ont signalé un assez grand nombre.

L'abbé Richard rapporte que le 20 août 1769, vers six heures du matin, aux environs du village de Rumigny, en Picardie, le ciel nébuleux paraissait disposé à l'orage ; un jeune cultivateur et sa femme suivaient à quelque distance une voiture qu'ils avaient fait charger de grains et qui était attelée de quatre chevaux, lorsque le charretier, *sans voir d'éclair, sans entendre aucun bruit de tonnerre*, se sentit vivement oppressé et fut renversé par terre. Revenu de l'effroi que lui avait causé cette chute violente et dont il ne pouvait imaginer la cause, il vit ses quatre chevaux étendus à terre, morts auprès de la voiture. A cent pas de là gisaient, également frappés de mort, le jeune cultivateur et sa femme. Le père du jeune homme, à cent pas plus loin, avait été renversé comme le charretier, et ne put se traîner qu'avec peine auprès de ses enfants. Près de la voiture se trouvait un trou encore fumant.

Les quatre chevaux, tous renversés du même côté, avaient les intestins hors du corps. La surface du corps du jeune homme et de sa femme étaient absolument jaunes, mais sans trace de blessures. Leurs traits étaient horriblement déformés (1).

Plus d'une fois, sans qu'on ait vu d'éclair, sans qu'on ait entendu le tonnerre, la foudre a frappé de mort des hommes et des animaux.

Voici une observation remarquable due à Morand.

Une femme du village de la Bonne-Vallée, près Vintimille, âgée d'environ vingt-sept ans, revenait avec quatre de ses compagnes de la forêt de Montenère, toutes chargées d'un fagot de feuilles qu'elles venaient d'y ramasser. Aussitôt qu'elles furent arrivées à un endroit qu'on nomme Gargan, celle dont nous parlons, qui se trouvait alors précédée de deux de ses compagnes et suivie des deux autres, poussa un cri assez fort et tomba le visage contre terre, sans que les plus rapprochées d'elle eussent pu remarquer autre chose

(1) *Hist. de l'air*, t. VIII, p. 278.

qu'un peu de poussière qui s'éleva autour d'elle et un certain mouvement de quelques petites pierres. Elles coururent à l'instant à son secours, mais elles la trouvèrent morte : ses habits et jusqu'à ses souliers étaient comme coupés ou déchirés par bandes et jetés à cinq ou six pieds autour de son corps, en sorte qu'elles furent obligées de l'envelopper d'un drap pour la ramener au village.

A l'inspection du cadavre, on trouva les yeux fermés et livides, une blessure à la partie gauche du front, qui mettait le péricrâne à découvert, et plusieurs égratignures superficielles, qui étaient toutes en ligne droite.

La région lombaire était livide, et on y observa une blessure avec fracture du sacrum ; il y avait à quelque distance de celle-ci une autre blessure, et toutes deux étaient aussi en ligne droite et très-profondes.

On voyait à l'aine gauche une blessure qui déchirait les téguments et pénétrait jusqu'au péritoine ; les régions épigastrique et hypogastrique avaient une couleur livide qui s'étendait jusqu'à la ligne blanche ; les téguments et les muscles du côté droit de l'abdomen étaient détruits et avaient donné passage aux intestins ; l'os pubis était découvert et fracturé : la perte des chairs s'étendait jusqu'à la hanche. La tête du fémur avait été chassée et mise hors de la cavité où elle est articulée ; les muscles de la fesse et de la cuisse étaient emportés en grande partie, et ce qui est bien plus singulier, c'est que, malgré cette perte de substance charnue, qui pouvait bien aller à six livres, on ne trouva dans le lieu où l'accident arriva ni une goutte de sang ni le plus petit morceau de chair.

Il y a grande apparence, ajoute Morand, que cette pauvre femme fut tuée par l'éruption d'une vapeur souterraine qui partit de l'endroit même où elle se trouvait : ce sentiment est même d'autant plus vraisemblable, que dans le sommet de la montagne de Montenère il y a deux trous desquels on voit sortir de temps en temps de la fumée, et qu'au pied de la montagne on observe une fontaine sulfureuse... Peut-être que les éruptions de cette exhalaison sont plus fréquentes qu'on ne se l'imagine et qu'elles n'ont été jusqu'ici ignorées

que parce que personne ne s'était trouvé à portée d'en éprouver l'effet (1).

C'est bien plutôt à la foudre ascendante qu'à une sortie brusque de vapeurs invisibles, qu'il faut attribuer la mort de cette femme. Il est regrettable que Morand n'ait point consigné l'état de l'atmosphère dans son observation, il lui eût donné une plus grande valeur au point de vue qui nous occupe.

Mourgue, de la Société royale des sciences de Montpellier, a donné une relation des plus intéressantes (2). Nous l'avons enregistrée à l'article *végétaux — arbres fendus*.

Au rapport de M. Régnier, médecin à Coulommiers, une jeune fille se retirait des champs au moment où un gros nuage noir s'avançait de l'ouest. Tout à coup, et sans qu'on ait entendu de tonnerre, elle tombe; on s'approche, elle était morte. L'examen du cadavre ne fit découvrir aucune lésion ; seulement les poils de l'aisselle étaient brûlés, et son bonnet, projeté au loin, présentait un trou (3).

II. **Des effets de la foudre qui démontrent sa direction ascendante.** — La démonstration de *la foudre ascendante* peut être fondée, non plus comme précédemment, sur la constatation *directe* du phénomène à l'aide de la vue, mais sur les *effets* du courant électrique indiquant sa direction. Ces effets sont très-variés ; décrivons-les d'abord, puis nous rechercherons s'ils ont réellement la valeur que plusieurs physiciens et météorologistes leur ont donnée.

Les premiers effets que nous signalerons ont été remarqués sur les habitations de l'homme.

Dans les premiers jours de 1799, la foudre parut tomber à Versoix, près de Genève, sur l'une des baraques en bois, reste d'un ancien cantonnement militaire. Un enfant et deux chèvres qui s'y étaient mis à l'abri de l'orage y furent tués roide et une partie du toit de la baraque vola en éclats au moment de l'explosion. Peu de jours après, de Saussure

(1) Morand, *Hist. de l'Acad. des sc.*, p. 38 (1755).
(2) *Journ. de phys.*, t. XIII, suppl., p. 459 (1778).
(3) *Comptes rendus* (11 août 1845).

et l'un des rédacteurs de la Bibliothèque britannique, Pictet, je crois, visitèrent ce lieu. De Saussure remarqua avec beaucoup de sagacité que les traces noirâtres et fuligineuses qu'on voyait sur les faces fraîchement éclatées de la pièce de bois qui formait le faîte de la baraque et qui était encore en place, indiquaient, sans qu'on pût en douter, que l'explosion avait été ascendante, car les petits sillons parallèles, qui font saillie dans les éclats de sapin, s'étaient mis réciproquement à l'abri de l'aspersion fuligineuse dans le sens *de bas* en *haut*, à peu près comme lorsque la pluie, roulant sur la pente rapide d'un toit, l'eau qui sauterait obliquement de l'extrémité inférieure d'une tuile sur le plan de la tuile suivante laisserait au-dessus du premier point qu'elle atteindrait un espace sec. Quand ensuite, sans avoir vu couler la pluie et sans connaître la direction naturelle des corps tombants on observerait les tuiles ainsi partiellement humectées, on en conclurait, sans hésiter, que l'eau a cheminé en descendant. Or, la fuliginosité étant disposée d'une manière inverse de celle-ci, dans l'observation citée, indiquait que le fluide qui l'avait produite avait dû se mouvoir dans le sens opposé, c'est-à-dire de bas en haut.

Nous remarquâmes que la baraque foudroyée occupait le lieu le plus bas de tout l'emplacement du camp et il paraissait singulier, au premier coup d'œil, d'après l'influence reconnue des saillies pour attirer l'électricité, que le fluide eût choisi de préférence un enfoncement, mais nous ne tardâmes pas à en découvrir la raison.

Ce lieu le plus bas était aussi le plus humide, il était même marécageux; et l'eau étant un beaucoup meilleur conducteur que la terre sèche, si l'on considère la couche du sol dans laquelle existait la charge électrique, on comprendra que la partie humide, faisant une véritable saillie de bas en haut dans la masse terreuse, a dû décider, là même, la sortie du fluide ascendant.

Nous avons vu, disent Trootswyk et Krayenhoff, les preuves les plus évidentes d'un coup de foudre parti de terre. Il s'agit d'une maison de village foudroyée le 21 juillet 1787, à deux heures après midi. Les raisons qui nous

portent à croire que ce coup était parti de terre sont : 1° que l'herbe était soulevée au bas de la façade, 2° que les éclats de la façade de la fenêtre et des chambranles de la porte étaient relevés de bas en haut, et n'étaient plus attachés au reste que par la partie supérieure ; 3° que le trou fait dans le plafond était uni en bas et pourvu de plusieurs éclats en haut ; ce qui montre assez clairement que ces éclats avaient été causés par un feu qui venait d'en bas.

Le professeur Majochi dit avoir constaté à Milan, le 31 décembre 1831, un coup de foudre qui s'éleva de terre ; le météore s'élança du sol sur la muraille d'une maison, pénétra dans une cuisine et sortit par une fenêtre pour se perdre dans l'atmosphère. Les effets qu'il produisit mettent, dit-il, hors de doute que sa marche a été ascendante, et il remarque que si la maison avait été pourvue d'un paratonnerre, cet appareil aurait reçu la foudre venant d'en bas et l'aurait conduite sans aucun dommage dans l'atmosphère.

Parfois de la terre glaise et de la boue ont été lancées de bas en haut avec une grande violence ; ou bien des parties de vêtements appartenant à des individus foudroyés ont été projetés à une certaine hauteur, comme le constatent les observations suivantes :

Le 26 août 1821, dit M. Parisot, à neuf heures et demie, dans le village de la Chapelle-aux-Bois, près d'Épinal, la foudre frappa une maisonnette. Toute la glaise qui remplaçait le pavé de cette pauvre habitation était profondément sillonnée sur un grand nombre de points et avait été projetée contre le plancher supérieur auquel elle adhérait comme un crépissage.

En septembre 1824, dit Howard, dans le village de Campbeltown, la foudre laboura le sol d'une chambre basse dont le plafond fut taché par des éclaboussures de terre.

Sur un cerisier, la totalité des branches, grosses et petites, ainsi que les feuilles depuis les premières branches jusqu'à la cime, furent recouvertes de terre et de boue à leur *surface inférieure*.

Le 29 août 1808, la foudre atteignit le pavillon en forme de rotonde et couvert de chaume dépendant d'un cabaret

situé derrière l'hôpital de la Salpêtrière à Paris. Un ouvrier qui était assis sous ce pavillon fut tué; on trouva les morceaux de son chapeau incrustés au plafond.

Le 26 juin 1854, sur le territoire de Tournay (Meurthe) un homme fut tué par la foudre sous un chêne. Ce malheureux présentait à la tête, près de la tempe gauche, une légère blessure et quelques gouttes de sang ; le fond de son chapeau de paille qu'il avait encore sur la tête, fut trouvé à environ deux mètres de hauteur.

Deux hommes ayant été foudroyés sous un arbre, leurs cheveux furent enlevés et portés sur le haut de l'arbre; et le cercle de fer qui liait le sabot de l'un d'eux fut porté aussi sur une branche élevée du même arbre à laquelle il resta accroché. Nous reviendrons bientôt sur cette observation.

Les effets suivants sont remarqués sur des arbres foudroyés et sur le sol à leurs pieds. Le terrain est soulevé, renversé de bas en haut, comme par une mine ; un ou plusieurs grands lambeaux d'écoree, bien plus, d'épaisses lanières, comprenant, non pas seulement l'écorce, mais une certaine épaisseur d'aubier et de bois, restent suspendus par leur extrémité supérieure et paraissent avoir été détachés par un instrument tranchant, qui aurait marché de bas en haut en attaquant successivement les diverses couches de l'arbre. Ou bien, c'est une entaille rétrécie et très-superficielle en haut, qui devient, en descendant, plus large et plus profonde. C'est une grosse racine presque à découvert sur le bord d'un fossé qui est fracassée et déchiquetée ; ses débris sont lancés en haut et restent incrustés dans les fentes du tronc d'un gros saule qui s'élève à quatre pieds de là. Une circonstance remarquable, c'est que le bout extérieur de ces débris ainsi fracassés et incrustés est dirigé en haut. Enfin ce sont des feuilles repliées, convexes, roussies et comme brûlées ou grillées *par-dessous*, concaves et vertes *par-dessus*, et cela sur toute la hauteur d'un ormeau et notamment vers la cime où la tige est fracassée; et notons que dans un cas de ce genre on ne trouva sur le sol, au pied de l'arbre, que plusieurs petits trous de 2 à 3 lignes de diamètre.

Les faits suivants sont du plus haut intérêt pour la solution de la question qui nous occupe.

Le ciel est nébuleux, ou bien le soleil brille, mais à peu de distance éclate un orage ou se tient immobile un nuage noir épais, à figure sinistre. Tout à coup des hommes et des animaux tombent frappés de mort, et cependant aucun éclair n'a sillonné la nue, aucun phénomène lumineux n'a enveloppé les victimes; parfois, il est vrai, on entend une détonation sèche et saccadée sans roulement, mais parfois aussi aucun bruit, aucune lumière n'a accompagné la catastrophe qui n'est plus signalée que par la chute subite des hommes ou des animaux frappés de mort par un léger nuage de terre ou de poussière qui jaillit à leurs pieds. A l'examen des cadavres, les lésions sont nulles ou légères; d'autres fois, au contraire, elles sont exceptionnellement étendues et profondes; notons en particulier les éventrations avec sortie des intestins, effet plus particulier de cette espèce de foudroiement. Le sol près du cadavre est ordinairement percé d'un ou de plusieurs trous fumants et évasés. Les objets en bois ou en métal présentent d'ailleurs les traces d'une décharge électrique ordinaire. L'accident dont nous parlons atteint parfois *simultanément* des hommes et des animaux placés à peu de distance les uns des autres. D'autres fois il a lieu à peu d'intervalle de temps dans deux localités assez éloignées. Ainsi un montagnard fut tué à 2,700 mètres de l'endroit où un homme et deux chevaux sont tombés morts un quart d'heure auparavant.

Ces faits ne peuvent, ce nous semble, s'expliquer qu'en admettant la marche *ascendante* de la matière fulminique. Et ces foudroiements de bas en haut sont d'autant plus redoutables qu'il est impossible de les prévoir et de se mettre à l'abri de leurs terribles effets.

Voici les intéressantes observations dont nous venons d'indiquer les traits principaux.

Pendant l'été de 1787, à Tancon, village du Beaujolais, deux hommes se mirent sous un arbre pendant un orage. L'un d'eux fut tué; l'autre n'eut d'autre mal qu'une asphyxie momentanée; leurs cheveux furent enlevés et portés sur le

haut de l'arbre. Un cercle de fer qui liait le sabot de l'un d'eux fut porté ainsi sur une branche élevée du même arbre, à laquelle il resta accroché. Quelques jours après cet événement, le docteur Carmoy visita les lieux où il s'était passé. Il observa dans la terre, sous un arbre placé à trois ou quatre pieds de celui sous lequel avait été foudroyé ce malheureux, un trou rond évasé par le haut en forme d'entonnoir. A quelques pieds au-dessus, la première écorce du tronc de l'arbre était enlevée ; la seconde était soulevée de bas en haut, non en larges bandes, mais en petites lanières en forme de découpure ; à côté était l'arbre sous lequel s'étaient abrités les deux hommes. Sa partie inférieure n'avait aucun mal, mais à dix pieds de hauteur, l'écorce avait été emportée, ainsi que des éclats considérables du corps même de l'arbre. On voyait un grand nombre de longues esquilles séparées de bas en haut qui tenaient à l'arbre par leur partie supérieure. Les feuilles étaient desséchées d'un côté ; de l'autre elles avaient conservé leur verdure.

La marche de la foudre est aisée à suivre, ajoute le docteur Carmoy ; elle est sortie de terre au pied du premier arbre, par l'entonnoir dont j'ai parlé ; de là elle s'est élevée et en a détaché l'écorce ; ensuite, parvenue à la hauteur de deux ou trois pieds, elle l'a quitté, s'est élancée sur les deux hommes qui étaient sous l'arbre voisin, a tué l'un, asphyxié l'autre, déchiré en lambeaux leurs vêtements, transporté les cheveux et le cercle de fer au haut de l'arbre, l'a dépouillé de son écorce, détaché des éclats considérables dans son ascension, et soulevé des lanières qui ne peuvent, selon l'état des choses, avoir été prises que de bas en haut. Enfin elle a frappé les feuilles qui se sont entièrement desséchées, ... et ensuite s'est portée à la nuée dont le dépouillement avait attiré le corps fulminant.

Le coup de tonnerre fut bref et sourd, et quelques moments avant ce coup il en partit un autre, mais alors excessivement éclatant. « Serait-ce là, dit l'auteur, un signe caractéristique de l'ascension de la foudre ? Le premier coup avait-il désélectrisé la nue et le second coup lui aurait-il rendu ce que le premier lui aurait enlevé ? »

M. le professeur Parisot rapporte que le 26 août 1821 un orage éclata vers sept heures du matin à Épinal. La foudre atteignit une petite maison et renversa plusieurs des personnes qui l'habitaient. Quatre *cerisiers* situés devant cette maison offrirent après l'événement des circonstances remarquables :

1° Leur écorce était coupée tout autour du tronc au niveau de la terre, et soulevée de bas en haut, en sorte que les lambeaux réunis dans la partie supérieure au corps de l'arbre formaient comme un entonnoir renversé de 3 à 4 décimètres de hauteur.

2° Le reste de l'arbre, c'est-à-dire toute la partie supérieure, ne présentait aucune trace du passage de la foudre.

3° La totalité des branches grosses et petites, ainsi que les feuilles, depuis le pied jusqu'à la cime, étaient recouvertes de terre et de boue à leur surface *inférieure*. Enfin on observait deux petits trous en terre, correspondant aux points où deux fortes racines d'un des arbres atteignaient le niveau du chemin voisin.

Vers la fin de mai 1843 la foudre atteignit un chêne à Commeray, près de Lamballe. M. de la Pylaie remarqua que le tronc eut son écorce entamée depuis la base jusqu'à la bifurcation des branches supérieures ; la foudre y avait fait une entaille qui allait en se rétrécissant de bas en haut et le long de laquelle les bords de l'écorce se trouvaient effilés comme de la charpie. Mais tandis que ces fibrilles ligneuses et les autres lambeaux eussent dû se trouver morcelés de haut en bas, tous l'étaient au contraire de bas en haut, comme si la foudre fût remontée de la base au sommet : elle avait, en outre, fait un sillon ou une rainure peu profonde sur le bois adulte, qui disparaissait dans la partie supérieure où l'entaille, fort rétrécie, n'attaquait plus que la superficie de l'écorce (1).

Les faits que nous venons de citer semblent, au premier abord, largement démontrer que la foudre est souvent ascendante, mais un examen plus approfondi diminue bientôt de beaucoup leur valeur.

(1) Voir l'observation de Marchais fils (Végétaux. Feuilles.)

Le courant électrique, en effet, soit par sa propre force d'expansion, soit par la vaporisation de l'humidité, ou par tout autre mécanisme, projette les corps et les molécules des corps dans tous les sens ; on voit dès lors comment un courant *descendant* fera rejaillir de la terre glaise, de la boue sur le plafond, sur la face inférieure des feuilles d'un arbre ; nous citerons en particulier une observation recueillie par le professeur Brocklesby.

Le professeur Brocklesby se trouvait dans une maison à Avon, quand elle fut frappée de la foudre qui *descendit*, selon toutes les apparences, le long du paratonnerre ; le pied de l'appareil ne s'enfonçait que de 4 pouces dans le sol. Près de là était un trou de la grandeur d'un chapeau, rempli de boue, qui fut lancée sur le mur de la maison, jusqu'à la hauteur de la corniche, c'est-à-dire à environ 25 ou 30 pieds (1).

On comprend aussi comment un courant, quoique descendant, soulèvera le gazon, enlèvera des dalles, comment le fluide électrique, descendant sous l'écorce, la déchirera en lanières qui pourront rester adhérentes par le haut ; mais nous ne comprenons pas comment on pourra expliquer par le même mécanisme que d'épaisses lanières comprenant non pas seulement l'écorce, mais aussi une partie de l'aubier et du bois parfait, soient détachées par un courant descendant du tronc d'un arbre, que des fragments de racines puissent s'incruster dans les fentes d'un arbre en formant avec lui un angle aigu ouvert en haut. On peut comprendre que la foudre *descendante*, en ravageant le terrain au pied d'un arbre, introduise une vapeur brûlante qui monte et affecte la face inférieure des premières feuilles qu'elle rencontrera ; mais lorsque nous voyons, après un coup de foudre, le sol au pied d'un arbre à peine altéré ne présenter que quelques petits trous de 3 à 4 lignes de diamètre, la face inférieure des feuilles, dans toute la hauteur d'un arbre élevé, être brûlées en dessous et intactes en dessus, nous sommes naturellement et presque forcément conduits à attribuer ce phénomène à une foudre ascendante.

(1) *Proceed. of the Amer., Assoc.*, p. 85 (1850).

On comprend comment le fond d'un chapeau et quelques autres objets d'habillement peuvent être lancés sur un arbre par la force d'expansion, de vaporisation d'un courant *descendant*, mais comment attribuer à ce même courant la translation d'un cercle de fer d'un sabot sur une branche élevée d'un arbre ?

On comprend aussi comment des morceaux de chapeau seront incrustés au plafond, comment aussi des fuliginosités produites sur le sol par la foudre descendante pourront, en remontant, donner lieu au phénomène observé par de Saussure et Pictet. Ainsi l'aspersion fuligineuse, l'aspersion de boue peuvent provenir d'une foudre descendante.

Il nous paraît aussi très-difficile d'attribuer à un courant descendant le trou fait au plafond d'une maison, trou uni en bas et pourvu de plusieurs éclats au rebord en haut ; les éclats de la charpente de la façade de cette maison, éclats relevés en haut et ne tenant plus que par leur bout supérieur.

Ainsi plusieurs des effets que nous avons signalés nous paraissent assez bien prouver que la foudre est parfois ascendante.

Mais comment se produit la foudre ascendante ? Tantôt les nuages orageux surplombent l'endroit où le phénomène se passe, et l'étincelle s'élance directement de la terre aux nuages comme dans la foudre descendante, « il suffit pour » cela, dit M. Becquerel, que la tension électrique de la terre » soit plus considérable que celle des nuages, puisque les » recherches de MM. Faraday, Wheatstone..... établissent » que lorsque deux corps électrisés différemment sont en » présence, l'électricité part toujours du corps qui possède » la plus forte tension. »

Mais la foudre ascendante peut, dans d'autres cas, n'être que le phénomène que nous allons étudier sous le nom de *Choc en retour*.

CHAPITRE VII

CHOC EN RETOUR

SOMMAIRE. — Expériences qui démontrent son origine et sa réalité. — Choc en retour avec détonation et sans phénomène lumineux. — Choc en retour avec détonation et lumière.

I. Expériences qui démontrent son origine et sa réalité. — Si une grenouille vivante est suspendue par un fil de soie à quelque distance du conducteur d'une machine électrique, si l'on attache à l'une de ses jambes un cordon métallique qui communique avec le sol, et qu'en faisant fonctionner la machine on charge le conducteur d'électricité positive, on décomposera par influence l'électricité naturelle de la grenouille : l'électricité positive sera attirée du côté du conducteur, et l'électricité négative sera repoussée dans le sol par le cordon métallique. Dans ces conditions, si l'on tire une étincelle du conducteur, la recomposition subite des deux électricités qui s'opère dans la grenouille elle-même imprime à son corps une sorte de convulsion : elle s'élance comme par un mouvement volontaire. Cette commotion est l'effet de ce que l'on appelle *le choc en retour*.

Cet effet peut se produire encore quatre ou cinq heures après la mort. Pour l'observer, on tue subitement la grenouille en lui coupant le corps en travers, puis on dépouille le train postérieur, on le suspend comme dans l'expérience précédente, et on procède de même.

L'irritabilité est telle que les contractions musculaires se produisent même à l'énorme distance de *dix à douze mètres* sous l'influence d'une forte machine.

Rappelons que c'est en observant pour la première fois un fait de ce genre, que *Galvani* fut conduit à des expériences qui donnèrent naissance à toute une branche nouvelle de la physique.

L'homme lui-même, en présence d'une puissante machine, éprouve des secousses analogues au moment où l'on décharge le conducteur.

Si deux personnes sont placées près du conducteur et que l'une d'elles tire des étincelles, l'autre éprouve chaque fois une commotion plus ou moins violente, et cependant aucune trace électrique ne passe entre cette personne et le conducteur.

Ne savons-nous pas enfin que dans le voisinage d'une machine électrique, les électroscopes manifestent des mouvements très-marqués à chaque fois qu'on tire une étincelle du conducteur.

Ce sont encore là des effets du *choc en retour*.

Et maintenant, supposons un nuage orageux fortement chargé d'électricité positive, que ce nuage soit allongé et légèrement courbé. Ses deux extrémités sont légèrement pendantes vers la terre; elles y refoulent l'électricité positive et attirent l'électricité négative. Qu'une décharge foudroyante s'opère sur le sol ou sur un autre nuage à une extrémité, l'équilibre se rétablira violemment dans le point de la terre qui se trouve sous l'autre extrémité.

On comprend dès lors comment des animaux et des hommes sont tombés morts subitement, bien que la foudre ait éclaté à une grande distance de l'endroit qu'ils occupaient.

Ce brusque rétablissement d'équilibre électrique ou *choc en retour* nous semble pouvoir se manifester de trois manières :

1. *Sans détonation*. L'homme éprouve seulement une forte commotion, il est renversé sans connaissance pour revenir bientôt à la vie, il eût pu être tué sur le coup sans aucune lésion apparente.

2. Le choc en retour peut occasionner *du bruit, des détonations, mais sans phénomène lumineux*, et les objets frappés sont plus ou moins lésés et endommagés.

3. Enfin *l'explosion* peut être tellement énergique que le fluide électrique s'élance avec bruit et lumière du sol sur l'extrémité du nuage, c'est ici *la foudre ascendante en retour*.

II. **Choc en retour avec détonation sans phénomène lumineux.** — L'observation du célèbre voyageur Brydone est un des plus beaux exemples que l'on ait

enregistrés de *choc en retour* sans détonation et sans phénomène lumineux : la voici dans presque tous ses détails :

Le 19 juillet 1785, à Coldstream (Écosse), vers onze heures du matin, des nuages commencèrent à se former vers le S.-E.; entre midi et une heure, on vit plusieurs éclairs et l'on entendit, mais à une distance considérable, les éclats du tonnerre. En ce moment, M. Patrick Brydone observait la marche de l'orage d'une fenêtre au second étage de sa maison, et notait, à l'aide d'une montre à secondes, le temps que le son mettait à parvenir jusqu'à lui, lorsqu'il fut subitement effrayé par un bruit violent *auquel il n'avait été préparé par aucun éclair*; il ressemblait aux décharges de plusieurs fusils se succédant avec une si grande rapidité que l'oreille pouvait à peine les séparer. Ce bruit ne fut suivi d'aucun roulement. Peu après, on annonça à M. Brydone qu'un homme et deux chevaux avaient été tués par la foudre, à peu de distance de la maison ; il sortit aussitôt et arriva en moins d'une demi-heure sur le lieu de l'accident. Les chevaux, encore attelés au char, étaient couchés sur la place même où ils avaient été frappés, mais l'homme avait déjà été emporté par son compagnon qui revint bientôt et raconta comment les choses s'étaient passées.

Tous deux domestiques de M. Turnbull, fermier du comté de Home, revenaient à la maison avec deux chars chargés de charbon de terre ; James Lander conduisait le premier char et était assis sur le devant ; ils avaient traversé la Tweed peu de minutes auparavant, et avaient déjà gravi la plus grande partie d'une montée d'environ soixante-cinq à soixante-dix pieds au-dessus du niveau de la rivière, lorsque le narrateur fut étourdi par une forte détonation et vit son compagnon et les deux chevaux renversés à terre. Il courut aussitôt à leur secours, mais il les trouva morts. La figure de Lander était livide, ses habits étaient tout déchirés, et ils répandaient une forte odeur de brûlé.

Le pasteur Bell qui examina le cadavre dit avoir trouvé une raie en zigzag, large d'un quart de pouce environ, qui s'étendait du menton au bas de la cuisse droite; la peau, sur ce trajet, était brûlée, blanche et dure. La peau de la cuisse

droite était brûlée et ratatinée. De nombreuses marques de brûlure étaient disséminées sur toute la surface du corps, à l'exception des jambes ; rappelons ici que Lander était assis sur le bord du char, les jambes pendantes. Le cadavre fut enterré deux jours après sans qu'il présentât d'indice de putréfaction. Les deux chars étaient distants de 24 yards (22 mètres environ).

Le chapeau avait été déchiré en mille pièces, des cheveux adhéraient fortement à quelques-uns des fragments de la couronne.

Les chevaux qui étaient de robe noire et de forte constitution étaient tombés sur le côté gauche. Leurs jambes avaient laissé sur la poussière une forte empreinte, qui, lorsqu'on les eut soulevés, montrait la forme exacte de chaque membre, en sorte qu'aucune convulsion n'avait suivi leur chute ; ils avaient été tués instantanément. Le poil était roussi sur la plus grande partie du corps, mais plus encore sur le ventre et sur les jambes qu'ailleurs ; leurs yeux étaient ternes, opaques, semblables à ceux d'un animal mort depuis longtemps ; leurs articulations étaient souples ; aucun de leurs os ne paraissait ramolli ou dissous, phénomène que l'on a prétendu avoir observé chez les animaux foudroyés.

La branche gauche du brancard était brisée et les éclats en avaient été dispersés ; les dégâts se voyaient particulièrement aux points de contact du bois avec les clous et les écrous en fer. — Une grande quantité de charbon de terre avait été lancée à des distances considérables autour du char.

A environ 4 pieds et demi derrière chaque roue du char, le terrain avait une singulière apparence ; on y voyait un trou circulaire d'environ 50 centimètres de diamètre, dont le centre correspondait exactement à chaque ornière. La terre avait été soulevée comme par de violents coups de pioche ; les petites pierres et la poussière étaient disséminées sur chaque côté de la route ; les voies des roues étaient fortement marquées sur la poussière, derrière et devant les trous mentionnés ; mais elles étaient complétement effacées à un pied de là environ. La terre bouleversée dégageait une

odeur qui se rapprochait de celle de l'éther. Ce sol était d'ailleurs parfaitement sec et de nature graveleuse.

Chaque roue présenta des marques manifestes de fusion : la surface du fer, en effet, sur une longueur de 3 pouces et dans toute sa largeur, était bleuâtre, entièrement dépolie et couverte de gouttelettes arrondies et saillantes. Les roues avaient, au moment du foudroiement, effectué presque une demi-circonférence, occasionnée sans doute par la chute des chevaux qui avait attiré le char en avant. Brydone l'ayant ramené un peu en arrière, s'assura que les marques de fusion répondaient exactement au centre de chacun des trous. Quant à la partie de la roue diamétralement opposée à celle qui vient d'être décrite, elle était parfaitement intacte.

M. Brydone remarqua que les roues ainsi que les jambes et le ventre des chevaux avaient été complétement mouillés peu de minutes avant l'accident, ce qui explique peut-être pourquoi le poil avait été beaucoup plus brûlé sur ces régions du corps que sur les autres. — Les fers de ces animaux ne présentaient pas la plus légère altération, et le terrain n'était point soulevé aux endroits correspondant à leur pas. Le char étant pesamment chargé, les roues avaient profondément pénétré dans le sol.

La décharge électrique dont il vient d'être question parut avoir complétement rétabli l'équilibre entre la terre et l'atmosphère, car, dès ce moment, on ne vit plus d'éclair, on n'entendit plus de tonnerre dans toute la région ; les nuages se dispersèrent et l'air reprit la plus parfaite tranquillité.

Une circonstance bien importante à établir, c'est que *cette violente décharge a eu lieu sans la moindre apparence de feu.*

Au moment où M. Brydone citait ce fait comme très-singulier, on lui dit qu'un berger de la ferme de Saint-Cuthbert, du côté opposé de la Tweed, avait été témoin de l'événement et en rendait un compte différent. Il se rendit alors immédiatement à cette ferme, trouva le berger, se fit conduire par lui sur la place même d'où il avait observé l'accident et le pria de lui décrire ce qui était arrivé. Il regardait, dit-il,

les deux chars montant la côte, lorsqu'il fut étourdi par une forte détonation et au moment même il vit le premier char renversé et l'homme et les deux chevaux immobiles, comme s'ils étaient morts ; *il ne vit aucun éclair, ni aucune apparence quelconque de feu*, mais il vit la poussière s'élever de la place ; il y avait eu, il est vrai, quelques éclairs un peu auparavant du côté du sud-est, tandis que l'accident arrivait au nord-ouest de l'endroit où il se trouvait. La distance en droite ligne à travers la rivière était d'environ 200 à 300 yards (180 à 270 mètres) ; il n'avait ressenti aucun choc et n'avait éprouvé aucune sensation particulière.

Plusieurs autres phénomènes extraordinaires eurent lieu le même jour et se rattachent très-probablement à la même cause.

Un berger, de la ferme de Lennel-Hill, surveillait son troupeau dans un champ voisin, lorsqu'il vit à quelques yards de là tomber un de ses agneaux ; il sentit en même temps comme si du feu lui avait passé sur la face, quoique les éclairs et les éclats du tonnerre fussent alors à une grande distance de lui. Ayant couru immédiatement vers l'agneau, qui quelques instants auparavant était en bonne santé, il n'aperçut en lui aucun signe de vie, aucun mouvement convulsif ; il le saigna avec son couteau et le sang coula facilement. La terre n'était pas bouleversée en cet endroit, aucune poussière ne s'en était élevée. Cet événement arriva à 300 yards (270 mètres environ) du lieu où Lander fut tué, et un quart d'heure environ avant ce funeste accident.

Thomas Forster, pêcheur renommé de Coldstream, et un autre homme étaient debout au milieu de la Tweed, pêchant le saumon à la ligne, lorsqu'ils entendirent tout à coup un grand bruit ; se retournant aussitôt pour voir d'où il provenait, ils se trouvèrent pris dans un tourbillon brûlant qui leur enlevait presque la faculté de respirer. Ce ne fut pas sans grande peine qu'ils vinrent à bout de rejoindre le bord où ils arrivèrent épuisés de fatigue et fort alarmés. Ce phénomène, qui ne dura que quelques instants, fut suivi d'un

calme parfait; il eut lieu une heure environ avant l'explosion.

Une femme, qui coupait du foin près de la rivière, tomba tout à coup à terre, criant à ses compagnes qu'elle avait reçu un violent coup sur le pied, sans pouvoir s'expliquer d'où il provenait.

Enfin le pasteur Bell, en se promenant dans son jardin, un peu avant la mort de Lander, sentit plusieurs fois le sol trembler sous ses pieds.

M. Brydone remarque que, depuis plusieurs mois, il n'avait presque pas plu, et que la terre était d'une extrême sécheresse. L'accident étant arrivé le 19 juillet, la sécheresse continua jusqu'au 22; alors il plut un peu et à plusieurs reprises, jusqu'au 27, jour où éclata la plus furieuse tempête dont l'auteur ait été témoin; les détails de sa narration attestent qu'une violente trombe ravagea le pays. Enfin, le 11 août suivant, on éprouva dans la même localité une forte secousse de tremblement de terre (1).

III. **Choc en retour avec détonation et lumière.** — Nous laissons à son auteur, toute la responsabilité de l'observation suivante :

Il y a quelques années, rapporte J. Curry, que, voyageant à cheval de Thrapston à Kettering, dans le comté de Northampton, un violent orage qui s'éleva devant moi, à la distance de 5 ou 6 milles, me fournit une occasion de contempler le choc en retour (*the returning stroke*) dans toute sa beauté. Je voyais distinctement l'éclair en zigzag, s'élancer de la partie la plus avancée du nuage jusqu'à la terre, tandis qu'après chaque décharge le choc de retour se communiquait de la terre jusqu'à la partie la plus reculée du même nuage. Cependant, loin d'avoir la même rapidité que l'éclair fourchu, ce second éclair ne s'élevait qu'avec la vitesse d'une fusée volante, et l'on pouvait très-distinctement suivre son cours depuis la terre jusqu'aux nuages. Ce second éclair différait aussi du premier dans sa forme, il paraissait ondulé,

(1) *Philos. trans.*, p. 61 (1786). *Abridg.*, t. XVI, p. 186.

semblable à un large ruban frisé ; et, soit à cause de la différence de densité des couches de l'atmosphère qu'il avait à traverser, soit parceque le nuage négatif auquel il allait se joindre n'était pas exactement perpendiculaire au lieu de son départ, il s'écartait presque toujours un peu de la ligne droite. Enfin, il en différait encore par sa couleur, qui variait beaucoup ; quelques-uns des jets étant d'une teinte foncée, comme du cuivre bruni, d'autres pâles comme de l'or pâle, mais aucun n'ayant cette teinte bleue et éclatante qui distingue l'éclair descendant. Ces différences sembleraient indiquer que l'éclair de retour n'est ni aussi concentré, ni par conséquent aussi destructif que l'éclair direct. Cependant un accident qui eut lieu pendant cet orage, montre que cette espèce d'éclair est aussi fort dangereuse. Un jeune garçon qui tenait un cheval par la bride, et qui s'était mis à l'abri sous une meule de froment, fut tué, ainsi que le cheval, tandis que le froment prit feu de bas en haut, précisément à l'endroit où se tenaient le garçon et le cheval.

Nous aurions maintenant à relater ici plusieurs observations qui nous paraissent se rapporter à l'histoire du *choc en retour* ; si nous ne les insérons pas, c'est qu'elles laissent en nous quelques doutes sur leur véritable signification ou sur leur authenticité.

Le 24 septembre 1826, dans la soirée, un violent orage éclata sur Versailles et sur les campagnes voisines. La foudre tomba sur la ferme de Gali, à la même heure et peut-être au même moment, M. B... âgé de soixante-douze ans, qui se trouvait dans une rue de Versailles, à une distance d'une *demi-lieue* de la ferme, éprouva une violente commotion, avec oppression et vertige, et grande gêne dans les mouvements de la langue et de tout le côté gauche du corps. Le lendemain matin, il était à peu près dans son état ordinaire ; mais le soir, à l'heure où la commotion avait eu lieu, l'oppression, l'engourdissement et la gêne dans les mouvements reparurent, et il en fut de même jusqu'à la fin de la semaine et la périodicité des accès eut ainsi lieu jusqu'à parfaite guérison. Au moment où M. B... reçut la commotion, il se trouvait près du mur d'une maison et à très-peu de distance d'un

tuyau métallique conduisant les eaux pluviales jusqu'au niveau du pavé. L'intervalle entre chaque éclair et l'explosion prouverait alors que l'orage n'était pas sur Versailles même (1).

M. de Monferrand est disposé à attribuer l'accident arrivé à M. B... à un choc électrique *en retour*; sous la dépendance du coup de foudre qui atteignit la ferme à une demi-lieue de là; mais, n'est-il pas probable qu'un courant électrique soutiré du nuage orageux par les armatures de la maison et suivant le tuyau métallique près duquel se trouvait M. B... ait agi fortement sur lui.

Il est un phénomène qui paraît se relier à l'histoire du *Choc en retour*, c'est l'apparition d'étincelles dans les maisons au moment où la foudre frappait leur paratonnerre ou tombait sur une maison voisine. On ne peut pas admettre que ces étincelles soient dues aux émanations directes du courant électrique primitif; elles sont sans doute le résultat de la brusque recomposition de l'électricité neutre dans les maisons auparavant sous l'influence du nuage orageux. Ce phénomène a été bien des fois observé.

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, t. XXIII, 2e série.

APPENDICE

CHAPITRE VIII

GLOBES DE FEU. — MÉTÉORES IGNÉS

Nous avons réuni dans ce chapitre un certain nombre d'observations qui n'appartiennent pas nécessairement à l'histoire de la foudre, mais qui constituent un ensemble de faits si voisins pour la plupart de ceux que nous avons précédemment exposés en traçant l'histoire de la foudre en globe et de la foudre ascendante, que nous avons jugé utile de leur donner place dans cet ouvrage. Depuis quelques années l'attention des observateurs est éveillée sur ce sujet, on a recueilli un nombre de faits déjà considérable, et tout fait espérer qu'une histoire complète de ces météores si variés sera bientôt constituée. Les matériaux que nous avons rassemblés pourront servir de point de départ et faciliter de nouvelles recherches.

ART. 1. — HISTOIRE GÉNÉRALE.

Les *globes de feu* sont des météores de formes variées mais généralement à peu près sphériques, de couleur, d'éclat et de volume variables, souvent munis d'une queue, et qui se meuvent à des hauteurs plus ou moins considérables sans atteindre le sol ; cette dernière circonstance les différencie de la *foudre en globe* que nous avons étudiée et qui a toujours quelques rapports avec le sol, soit qu'elle en parte pour s'élever dans l'atmosphère, soit qu'elle l'atteigne en descendant des régions plus ou moins élevées.

Ces globes de feu ne laissent point tomber d'aérolithes, ou du moins nos observations sont contraires à cette idée. Une opinion déjà ancienne admet que ces globes sont formés

par des substances gazeuses ou volatiles dont la plupart s'élèvent de la terre elle-même.

D'autres les ont supposés constitués par des exhalaisons contenant du phosphore (Pilatre des Roziers, Delue); par de l'hydrogène mêlé d'une certaine quantité d'air atmosphérique (Forster); par des exhalaisons sulfureuses et grasses, et par des matières-nitreuses (Stof); par des matières inflammables (Halley), enfin par du soufre, des huiles végétales, des substances salines (Musschenbroek). Il est très-vraisemblable, dit Chladni, que sous un très-grand volume leur masse est très-petite et que c'est un composé de gaz et de matières pulvérulentes très-divisées et très-rares.

Mais nous devons bien remarquer qu'aucune de ces assertions n'est appuyée de preuves sérieuses ; ce sont de pures conceptions de l'esprit. Nous sommes assez disposé à les regarder comme le produit de l'agrégation, par l'électricité, de diverses matières gazeuses ou volatiles répandues dans l'atmosphère. Dans quelques cas ce sont peut-être des masses de nature combustible, qui s'enflamment dans l'atmosphère, et qui, contrairement aux aérolithes formés de matières minérales, ne laissent tomber sur notre sol aucun résidu qu'on puisse soumettre à l'analyse. Ce qui les différencie surtout dans leur façon d'agir de la foudre en globe, c'est qu'ils n'atteignent pas le sol, et qu'ils se meuvent et éclatent dans l'atmosphère.

Leur rôle dans l'atmosphère n'est guère plus démontré que leur composition : c'est peut-être un moyen dont la nature dispose pour purifier notre atmosphère des substances combustibles qu'elle renferme.

Nombre. — Les globes de feu se montrent parfois en grand nombre, simultanément, ou à de courts intervalles.

1. Le 28 novembre 1769, on vit, sur plusieurs points de la Lorraine allemande et de l'Alsace, de nombreux météores qui répandirent l'alarme dans les campagnes. Des *globes de feu* d'un volume considérable tombaient perpendiculairement avec explosion ; d'autres s'élançaient horizontalement et se dissipaient sans bruit. En quelques endroits ces feux, en forme de

fusées, de traits ou de chevrons, allaient d'une extrémité de l'horizon à l'autre. Ils produisaient un bruit sourd semblable à celui d'un vent impétueux; leur grosseur paraissait considérable, leur clarté était éblouissante. Le temps était serein, mais froid et il y avait eu pendant quelques jours de la pluie avec beaucoup de vent (Richard) (1).

2. Pendant la nuit du 12 novembre 1832, des météores tombèrent en nombre immense dans le nord de l'Angleterre; ils avaient de longues queues blanches et bleues et répandaient une forte odeur sulfureuse (Forster) (2).

3. Le 12 novembre 1799, dit M. Palassou (3), on vit dans le Béarn, un peu avant le lever du soleil et lorsque les étoiles brillaient encore, plusieurs météores ignés se succéder à de courts intervalles. On aperçut d'abord, du côté du S.-E, un météore d'une forme oblongue dont le diamètre, dans sa plus grande largeur, paraissait égal à celui de la pleine lune; il avait une longue queue et s'éleva majestueusement vers la région supérieure où il disparut sans explosion. A peine ce phénomène était-il dissipé, qu'on découvrit au S-O. un second météore igné qui descendit vers la surface de la terre et disparut derrière un coteau. Bientôt en apparut un troisième au S.-E.; il était accompagné d'une longue queue de feu et il se dissipa tout à coup. — Il ne restait plus aucune trace de ces trois météores lorsqu'il s'en montra un quatrième, plus grand, d'un éclat plus vif et muni d'une plus longue queue que les précédents. Il disparut aussi sans explosion après être resté un moment immobile. Aucun de ces météores n'était parfaitement rond.

Parfois aussi plusieurs globes de feu se sont montrés le même jour dans des localités assez éloignées les unes des autres. Ainsi :

Le 21 juin 1846, on a vu un globe de feu à Morestel (Isère); un autre à Thury (Aisne); un autre dans le Brabant, et un quatrième à Montigny-sur-Sambre (4).

(1) *Hist. de l'air*, t. VIII, p. 508,
(2) *Correspond. mathém. et phys.*, publ. par Quételet, 3e série, t. I, p. 448.
(3) *Hist. nat. des Pyrénées*, t. II, p. 391 (1819).
(4) *Ann. de l'Observ. de Bruxelles*, Quételet, t. VII, p. 489.

On a vu un globe en feu se montrer à la fois au Havre, à Rouen, en Angleterre (1).

Un autre fut aperçu à Beaune (Côte-d'Or), à Paris et à Ham (Picardie). L'observation de Le Roy que nous publions plus loin nous montre un globe de feu vu dans une étendue encore plus considérable.

Forme. — Le globe de feu est tantôt *parfaitement rond*, sans queue ni traînée, tantôt *ovoïde* ou en *larme batavique*. Dans certains cas, sa forme se *modifie*; de rond, par exemple, il devient ovoïde, ou même il se change en une fusée lumineuse. — On l'a vu *hérissé de pointes* et comme *chevelu*. — Sa surface paraît *uniforme*; dans un cas cependant elle présentait quatre gouffres de feu d'où sortaient de petites flammes. — Une fois le météore ressemblait à un *tonneau* coupé transversalement par le milieu et les habitants d'une localité de la Bourgogne l'appelèrent le *muid de feu*. — Une autre fois la masse ignée fut comparée à une *charrette de paille enflammée*, à une *poutre embrasée*, à un *grand arbre*.

Odeur. — L'odeur que répandent les bolides dont nous étudions les caractères et qui circulent en général à de grandes hauteurs, a été fort rarement constatée ou notée. Le globe de feu observé par Balbus, en 1719, à Bologne, répandit une forte odeur de soufre partout où il passa.

Hauteur. — Parfois le globe de feu, dans sa course paraît tellement rapproché du sol qu'on dirait qu'il va toucher les maisons, les arbres et les collines. — D'autres fois, au contraire, sa hauteur est considérable. Elle aurait été de 38, de 60 et de 90 milles. Lorsqu'on commença à apercevoir le météore cité par Le Roy, sa hauteur était de 18 lieues; à l'instant de son explosion, il se trouvait encore à plus de 9 lieues au-dessus de l'horizon, hauteur qui s'accorde très-bien avec celle que lui donna l'intervalle de 2 minutes qui s'écoula entre cet instant et celui où on entendit le bruit de l'explosion. — La traînée lumineuse, parfois ho-

(1) *Cosmos*, t. VIII.

rizontale et qui persiste souvent assez longtemps, permet aussi de reconnaître l'élévation du phénomène. — On comprend que des globes de feu aussi élevés soient vus d'endroits fort distants les uns des autres. Celui dont nous avons parlé en dernier lieu fut aperçu dans un espace d'environ cinq degrés en longitude et six degrés en latitude. — Un autre globe igné fut observé au même moment à Villefranche dans le Beaujolais, à Paris, à Ham en Picardie. — Un troisième fut remarqué en Angleterre, à Paris et peut-être à Rome.

Lumière. — L'éclat des globes de feu est très-variable. Il est ordinairement le même sur toute leur étendue ; l'un d'eux cependant, observé le 27 février 1841, à Parme, par M. Colla, avait un disque brillant et un noyau opaque. — Ils sont souvent plus brillants que la lune et même aussi brillants que le soleil, en sorte qu'on ne peut en soutenir l'éclat. — Quant à la lumière qu'ils répandent sur la terre, elle a été comparée à celle d'un vaste incendie, à celle de la lune dans son plein ou du soleil levant, et même plusieurs fois elle a été aussi resplendissante que celle du soleil en plein midi.— Parfois c'est au moment où le globe de feu est sur le point d'éclater que la lumière devient beaucoup plus vive et difficile à supporter. — Au reste, la circonstance de l'apparition de ces globes en plein jour prouve l'immense intensité de leur lumière. Or nous en connaissons six qui ont été vus à différentes heures de la journée ; à 10 heures du matin ; 1 h. 7 m., 2 h., 3 h., 3 h. 25 m. et 5 heures après-midi ; ce dernier en été.

Couleur. — Les globes de feu présentent en général diverses nuances de rouge ; parfois leur couleur est celle de la braise incandescente, quelques-uns sont d'un blanc éblouissant. — L'un d'eux était jaune serin ; un autre violet et un autre vert pré avec traces et scintillations de même couleur. Plusieurs étaient bleus ; l'un de ces derniers cependant lançait des étincelles rouges.

Le même globe de feu peut offrir *plusieurs couleurs à la fois :*

l'un réunissait les teintes blanche, bleuâtre et orangée; l'autre était ceint d'un cercle d'un beau bleu, passant, par une teinte violette, à un rouge éclatant.

Le *changement de couleur* d'un bolide dans sa course est encore une circonstance à noter : on en vit un passer du rouge au blanc et prendre une queue de couleur rose ; un autre de blanc devint rouge avec scintillations rouges.

Volume. — Sur quarante-deux observations, le *volume apparent* des globes de feu a été noté de diverses manières : leur diamètre a été de 11, 22, 33 (bis), 38, 50 centimètres. — Un bolide ellipsoïde avait 4 à 5 mètres en longueur et 3 ou 4 en largeur.

Le volume du globe de feu a été comparé à celui d'un boulet de 24, d'une bombe, d'une grosse bombe, d'un gros tonneau coupé transversalement par le milieu.

Trois fois il a été plus grand que celui d'une étoile de première classe, et deux fois il a surpassé le disque du soleil.

Les auteurs ont très-souvent pris la surface apparente de la lune comme terme de comparaison. Ainsi le globe de feu a présenté le quart du diamètre de notre satellite (2 fois); la moitié de ce diamètre ; — il a été un peu plus volumineux que la lune ; — il a présenté le volume de la pleine lune vue à sa plus grande hauteur ; — celui de la pleine lune à l'horizon ; — celui de la pleine lune, sans indication plus précise (18 fois) ; — son volume a surpassé celui de la pleine lune (2 fois) ; il a été 2 fois et même 5 fois plus considérable.

Le volume apparent des globes de feu augmente à mesure que le météore s'approche de la terre ou de l'horizon. L'un d'eux, au moment de son apparition, ressemblait à une grosse étoile et bientôt il devint un globe lumineux de 15 pouces de diamètre. — Un petit globe prit, à sa dernière phase, presque la grandeur de la lune. — Un autre globe, qui avait la grosseur d'une bombe de 8 pouces lorsqu'il passa au méridien, parut énorme à son arrivée à l'horizon. — L'influence des vapeurs et de la distance joue nécessairement ici un grand rôle.

Mais les globes de feu dont nous n'avons indiqué que la grandeur apparente ont souvent en réalité une énorme étendue. L'un d'eux avait un demi-mille de tour (Pringle). — Le diamètre d'un autre était d'un demi-mille. — Celui d'un troisième était à peu près d'un mille et demi (Halley). — Un globe de feu aurait eu 356 perches de diamètre (Balbus). — Le globe de feu observé par Le Roy, qui n'avait qu'un diamètre apparent de 15 pouces, aurait eu en réalité plus de 500 toises de diamètre.

Durée. — La *durée* du phénomène est très-variable, de quelques secondes à plus d'une heure ; ainsi, sur 17 cas, elle a été de :

2 à 3 secondes.
3 à 4 —
4 à 5 — (2 fois).
5 à 6 —
30 —
1 minute (2 fois).
1 minute 1/4
2 minutes.
3 à 4 minutes.
7 à 8 minutes.

Cette durée a été beaucoup plus grande dans quelques cas, par exemple :

Un globe de feu vu d'Ainab sur le Mont-Liban, fut observé pendant *une heure.*

Un autre, dans le Connecticut, resta visible pendant *une heure* et probablement pendant *une heure et demie.*

Quand au grand météore *rameux* vu de la Basse-Normandie, et qui, dans sa dernière phase parut semblable à un vaisseau en feu, il dura peut-être *deux heures.*

ART. 2. — OBSERVATIONS.

Météores lumineux de formes diverses.—1. *Forme d'arbre.* — Au rapport de Jenessey, les habitants de la Hague, en Basse-Normandie, virent, le 7 janvier 1700, une heure avant le jour, un météore plus brillant que la lune, ayant la *figure d'un arbre* et courant de l'O. N. O. à l'E. S. E. Il était plus d'une heure de jour lorsqu'il tomba avec un si

grand bruit que les maisons en tremblèrent. Il parut se perdre dans la mer, aux environs de la petite île d'Origny, en simulant un gros vaisseau en feu (1).

2. *Forme de pièce d'étoffe, de pavillon.* — Le 28 novembre 1755, on vit à Vexio (Gothie méridionale) un globe de feu semblable à la pleine lune. Il était muni d'une queue lumineuse, de vingt brasses de longueur, d'où s'échappaient de nombreuses étincelles qui se terminaient par une épaisse fumée. Près de ce globe parut un autre corps lumineux qui s'abaissa vers la terre sous la forme d'une longue pièce d'étoffe et qui répandait beaucoup de clarté (Richard) (2).

Le 18 juin 1845, une demi-heure après le coucher du soleil, on vit à Ainab, sur le Mont-Liban, un météore composé de deux corps chacun en apparence cinq fois au moins aussi gros que la lune avec des appendices semblables à de grands pavillons agités par la brise et qui semblaient les réunir. Ce grand météore resta visible pendant une heure en s'avançant vers l'Est et disparut graduellement; la lune s'était levée à peu près une heure auparavant (Powell).

3. *Flamme en forme de larmes.* — L'abbé de l'Anion se trouvant près de Saint-Aubin, en Bretagne, le 17 novembre 1684, vers 10 heures du matin, vit une *flamme en forme de larme*, grosse comme la main, qui descendait du ciel assez lentement pendant l'espace de sept à huit minutes. Elle paraissait un peu bleue; sa queue jetait des espèces d'étincelles et elle était opposée au soleil (3).

4. *Lumière en nappe.* — M. de Caraman revenait de Paris à Roissy, le 19 novembre 1764, lorsque, vers 7 heures 40 minutes du soir, entre la Villette et le Bourget, le temps étant fort obscur, mais sans apparence d'orage, il vit une lumière très-vive, ayant la blancheur d'un beau jour qui dura 4 secondes environ. Elle ne fut pas suivie d'explosion; elle remplissait l'espace entre la surface inférieure des nuages et l'horizon (4).

(1) *Hist. de l'Acad. des sc.*, p. 10 (1700).
(2) *Hist. de l'air, etc.*, t. II, p. 164.
(3) *Hist. de l'Acad. des sc.*, p. 419 (1684).
(4) *Hist. et mém. de l'Acad. des sc. de Toulouse*, p. 58 (1782).

5. *Poutre enflammée.* — *Chevron de feu.* — Les anciens ont donné les noms de *chevrons de feu, de poutre enflammée* à un météore qui se présente sous la forme d'une barre lumineuse, plus ou moins persistante. Ce phénomène paraît assez rare.

Th. Bergman l'a observé le 12 janvier 1760, à Upsal ; le ciel était serein (1).

Le 22 août 1821, vers 8 heures 30 du soir, M. Desvaux aperçut d'Angers une *barre lumineuse*, horizontale et qui paraissait avoir plus de 2 mètres de longueur sur 5 centimètres de largeur. Sa durée ne fut que d'une seconde 30''' du moment où il la vit; et il ne l'avait aperçue que par l'éclat de la lumière qu'elle avait déjà projetée (2).

6. *Flamme oscillante.* — Le 15 janvier 1850, à 7 heures 45 minutes du soir, à Cherbourg, de la neige était tombée et commençait à fondre, et de faibles éclairs apparaissaient dans le sud-ouest, lorsque M. Fleury vit dans cette même partie du ciel des lueurs brillantes qui s'évanouissaient après plusieurs secondes. Bientôt apparut une *flamme* très-vive au-dessus d'une rangée d'arbres; elle était animée d'un balancement sur sa base qui semblait reposer sur l'horizon. Le mouvement s'effectuait indistinctement dans tous les sens. Outre ce *mouvement oscillatoire*, la flamme était pénétrée d'une espèce de scintillation continue et inégale. Plusieurs fois cette flamme faillit s'éteindre, mais elle se ralluma. A la fin elle disparut, et les petits éclairs réapparurent et continuèrent leur marche vers le sud.

7. *Muid de feu.* — *Charrette de paille enflammée.* — Au moment où Lucullus allait attaquer l'armée de Mithridate, comme on était sur le point de charger, tout à coup, sans qu'il parût aucun changement dans l'air, le ciel s'entr'ouvrit et l'on vit tomber entre les deux armées un grand corps enflammé qui avait la *forme d'un tonneau* et la couleur d'argent fondu : les deux partis, également effrayés de ce prodige, se séparèrent sans combattre.

Le 12 novembre 1761, vers 4 heures 15 minutes du

(1) *Statist. de Maine-et-Loire*, 1re part., chap. VIII, p. 197.
(2). *Schwedische Abhand.*

matin, M. le baron des Adrets, se trouvant en chaise de poste, à une lieue de Villefranche, en Beaujolais, vit un globe de feu dont le diamètre était double de celui de la pleine lune; il semblait se précipiter avec rapidité vers la terre, et grossir à mesure qu'il en approchait. Il laissait après lui une grosse traînée de feu. Bientôt il parut de la grosseur d'un *très-gros tonneau* coupé horizontalement par sa moitié, puis, comme s'il s'était renversé, il en sortit une quantité prodigieuse d'étincelles et de flammèches semblables à une gerbe de feu d'artifice. A Beaune, ce météore causa le plus grand effroi; la clarté qu'il répandait parut égale à celle du jour en plein midi, et son explosion fut accompagnée d'un bruit affreux qui fit trembler toutes les maisons. Il ne paraît pas que le bruit ait été entendu au delà de 10 à 12 lieues à la ronde. Il tomba du feu dans plusieurs villages, mais sans causer d'incendie. Un postillon en aurait été couvert. Au-dessus de Beaune, le ciel était nuageux. Du côté de Vermanton, il était serein, et les habitants de cette localité donnèrent à ce météore le nom de *muid de feu*. Ce phénomène dut être bien élevé; car il fut aperçu à Paris, et à Ham en Picardie.

Le 11 août 1822, vers 8 heures 30 minutes du soir, plusieurs personnes virent, dans les environs de Liége, une grosse masse de feu tomber du ciel avec rapidité. Les paysans la comparèrent à *une charrette de paille enflammée*. Elle ne fit aucun bruit remarquable en atteignant le sol. Mais longtemps après sa première apparition, on entendit dans l'air comme un violent coup de tonnerre accompagné d'un roulement très-prolongé. Le ciel était presque sans nuages. — On crut reconnaître que le météore se dirigeait vers les bois, mais on ne put trouver la place où il était tombé (1).

Direction. — Les globes de feu se meuvent dans toutes les *directions :* de haut en bas, de bas en haut, horizontalement ou obliquement. Ils décrivent des courbes variées; l'un d'eux parut suivre une parabole.

Il n'est pas rare que les globes de feu, dans leur course

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 2e sér., t. XXI, p. 403 (1822).

atmosphérique, montent et descendent, et parfois à plusieurs reprises, comme il arrive à un corps qui *ricoche* sur une surface. Les anciens avaient déjà observé ce mouvement par *ricochets*, et donnaient alors au météore le nom de *capra saltans*. Voici plusieurs exemples de ce phénomène étudié plus particulièrement par M. Chladni (1).

1. En 1649, le 1er septembre, vers 3 heures du matin, on vit à Hambourg un globe de feu qui se mouvait en montant et en descendant, alternativement, par sauts (2).

2. Le 28 mai 1728, vers 9 heures du soir, on vit dans la Haute-Lusace un globe de feu qui, à son mouvement par sauts, fut reconnu pour une *capra saltans* (3).

3. Le 13 juillet 1738, à 11 heures du soir, M. Gensanne vit, à Paris, un globe de feu dont le mouvement était alternativement montant et descendant par sauts, de telle sorte que les bonds allaient toujours ordinairement en diminuant de hauteur (4).

4. Dans la nuit du 23 au 24 février 1740, on vit, vers la rade de Toulon, un globe de feu violet qui s'était élevé peu à peu, parut plonger ensuite dans la mer, d'où il se releva comme une balle qui ricocherait. Après être parvenu à une certaine hauteur, il creva et répandit plusieurs boules de feu, dont les unes parurent tomber dans la mer, et les autres sur les montagnes voisines. Le bruit qu'il fit en crevant fut semblable, par l'éclat, à celui du plus violent tonnerre ; toutefois, comme il dura peu, il ressembla davantage à celui d'une bombe. Tel fut le rapport fait à M. le marquis de Caumont par des témoins oculaires (5).

6. Le 26 août 1778, vers 5 heures du soir, on vit, par un temps serein, à Sondrio, dans la Valteline, un globe de feu se mouvant par sauts, et faisant une explosion à chaque fois qu'il retombait (6).

(1) *Ann. der phys.*, t. LV, p. 91. — *Ann. de chim. et de phys.*, 2e sér., t. IX, p. 389 (1818).
(2) *Ann. de phys.*, t. XXX, p. 112.
(3) *Ann. der phys.*, t. XXXIII, p. 334.
(4) *Hist. de l'Acad. roy. des sc.*, p. 36 (1738).
(5) *Hist. de l'Acad. roy. des sc.*, p. 3 (1740).
(6) *Antolog. roman.*, t. V, p. 142, (octobre 1778).

7. Le 11 septembre 1787, vers 8 heures 30 minutes du soir, à Édimbourg, il parut dans la partie boréale du ciel, un globe de feu plus grand que le soleil. Son mouvement fut d'abord horizontal vers l'Orient, à la hauteur de 15 et 20°, puis il s'inclina jusqu'à la rencontre de l'horizon. Alors il se releva et parvint à une hauteur plus grande en apparence que la première; il descendit et se releva de nouveau, mais en faisant des ondulations plus petites; enfin, continuant sa route vers l'Orient, il disparut derrière un nuage où il fit explosion (1).

Plusieurs fois on a remarqué que la lumière du météore diminuait, quand il descendait, pour augmenter lorsqu'il remontait, après s'être débarrassé de beaucoup de fumée et de vapeur.

Rappelons aussi que l'un d'eux faisait explosion à chaque fois qu'il retombait.

Saccades. — Les globes de feu affectent le plus ordinairement dans l'atmosphère une *marche continue, égale et régulière*. Parfois cependant ils avancent par bonds ou plutôt par saccades. Voici deux exemples de ce singulier phénomène.

Un météore vu à Oxford, et décrit par M. Baden-Gowell, parut d'abord comme un petit globe s'avançant par trois bonds et augmentant de volume à chaque bond; il fut comparé par une autre personne à un vaste parapluie poussé en avant et alternativement ouvert et fermé rapidement. Sa couleur était bleue, et il lançait de chaque côté un torrent d'étincelles. A sa dernière phase il était presque aussi grand que la lune; alors il se dissipa en globules brillants (2).

Le 6 juin 1850, vers 9 heures 30 minutes du soir, on vit, de plusieurs points du département de l'Oise, un globe lumineux lançant des milliers d'étincelles brillantes, et laissant derrière lui une longue traînée lumineuse; par des alternatives d'éclat subit et d'extinction apparente, il semblait s'avancer par bonds et former un chapelet lumineux. Il réunis-

(1) *Gentleman's Magaz*, t. LVII, p. 936.
(2) *British. assoc.* 20e *meeting, Edinburgh.* — Juillet et août 1850, p. 116. *A catalogue of observations of luminous meteors.*

sait des teintes blanche, bleuâtre et orangée. Son diamètre paraissait égal à celui de la lune dans son plein. Il disparut en tombant à peu de distance, selon les uns, en se brisant, selon les autres, et, selon tous, en laissant tomber des fragments brillants. A un intervalle d'une à deux minutes après la disparition du météore, une double détonation, suivie d'un mugissement, se fit entendre très-distinctement. La force du son fut comparée à la détonation d'un canon de gros calibre, entendue à quelques kilomètres de distance. Il y avait de rares nuages orageux à l'horizon vers l'Orient, mais aucun massif orageux; des vapeurs légères voilaient un peu le ciel au zénith, mais sans empêcher de distinguer parfaitement les étoiles de 3e grandeur (Maillard).

Mouvement rotatoire et intestin. — Outre son *mouvement de translation*, le globe de feu présente quelquefois un mouvement propre : *il tourne sur lui-même*, ou bien il est agité d'une sorte de *bouillonnement*. M. Wartmann a observé un de ces globes dont le mouvement propre était surtout sensible au centre.

Queue. — Les globes de feu sont souvent munis d'une *queue* très-variable dans sa longueur, sa couleur et ses autres caractères. L'un d'eux avait une queue sept fois plus longue que son diamètre.

La queue d'un autre avait une longueur apparente de 20 brasses, et laissait tomber une multitude d'étincelles. Celle d'un troisième était bordée de rouge et parsemée des couleurs de l'arc-en-ciel.

De nombreux petits météores vus en Angleterre, durant une nuit, avaient de longues queues blanches et bleues.

De chaque côté de la queue d'un bolide se trouvaient deux ou trois petites boules dont le bord était jaune ou orangé ; l'une d'elles était de couleur pourpre.

Un autre bolide enfin, observé dans les environs de Rouen, le 18 janvier 1757, avait, au lieu d'une queue simple, trois serpenteaux terminés chacun par une petite étoile (1).

(1) Barbier. *Hist. de l'Acad. roy. des sc.*, p. 24 (1757).

Un bolide muni d'une queue peut la perdre à certain point de sa course : la queue de l'un d'eux s'évanouit soudainement en colorant les nuages voisins en jaune. D'autres fois, au contraire, un globe de feu d'abord sans queue en prend une dans son trajet.

Traînée. — Les globes de feu laissent souvent à leur suite une *traînée* plus ou moins longue : c'est une fumée noirâtre ; une ligne vaporeuse et souvent lumineuse. Dans un cas, cette traînée était analogue à celle que présentent les fusées dites *à pluie d'or*. Un autre bolide, muni d'une queue étincelante, laissait une traînée lumineuse bordée d'énormes étincelles d'un éclat très-vif et nuancée de diverses couleurs.

Parfois la traînée *demeure visible* pendant un temps assez long, circonstance qui donne toute facilité pour reconnaître la hauteur du météore. Ainsi la route qu'un bolide avait suivie resta marquée pendant au moins deux *minutes;* et dans un autre cas pendant quatre ou cinq *minutes ;* et même, dans un troisième cas, cité par le commandant Krusenstern, on vit pendant plus *d'une heure* une ligne claire dans la direction suivie par *le météore* (1).

Étincelles. — Les globes de feu, *sans éclater,* lancent parfois des milliers d'étincelles avec ou sans bruit.

L'un d'eux était entouré de gerbes de flammes et comme bordé par une poutre brûlant avec éclat.

Un autre s'étant allongé en poire, sa tête paraissait environnée de flammèches.

Dans la nuit du 24 au 25 août 1846, à 2 heures et demie, le docteur Moreau, alors près de Saint-Apre (Dordogne), revenait de voir un malade ; le temps était calme et chaud ; tout à coup il fut environné d'une lumière éclatante due à un globe lumineux qui s'entr'ouvrit et jeta à droite et à gauche des étoiles par centaines. Ce phénomène garda toute sa splendeur durant trois ou quatre minutes ; après quoi, sur le point de disparaître, son foyer jeta des étoiles plus rares (2).

(1) *Voigt's Mag.*, t. VII, p. 557 (1804).
(2) *Comptes rendus*, t. XXIII, p. 549 (1846).

Explosion. — Quelquefois les globes ignés se dissipent dans l'espace *sans éclater* et sans faire entendre aucun bruit. Ils s'effacent insensiblement ou tout à coup; l'un d'eux disparut subitement avant d'atteindre le sol; un autre disparut aussi tout à coup après être resté un moment immobile. Parfois alors ils laissent une fumée noire et épaisse.

Mais le plus ordinairement le météore *éclate avec bruit et lumière*, ainsi : un globe de feu éclate en quatre fragments; un autre, en globules brillants ou bien en une gerbe de flammes, de flammèches, d'étincelles. Celui-ci s'entr'ouvre et jette des étoiles par centaines; celui-là lance une multitude de parties lumineuses semblables aux brillants des feux d'artifices et si éblouissants qu'on ne peut en soutenir l'éclat.

Cinq globules se détachèrent d'un globe de feu d'un mètre de circonférence, sans en diminuer le volume, et éclatèrent, ainsi que la masse principale, en un millier de fusées.

Parfois on a remarqué que le globe lumineux, au moment d'éclater, ralentissait sa marche, devenait même immobile, ou jetait une lumière beaucoup plus vive qu'auparavant.

Il est fort rare qu'un globe de feu éclate *sans bruit sensible ;* presque toujours en éclatant il occasionne un *bruit* d'ailleurs très-variable dans ses caractères :

Plusieurs fois la détonation a été comparée à celle d'un canon ou d'une grosse bombe. Un de ces météores fit un bruit terrible, semblable à celui d'une bordée de grand vaisseau de guerre.

Maintes fois aussi le bruit a été comparé à un violent coup de tonnerre, ordinairement sec, de peu de durée, mais parfois accompagné d'un roulement très-prolongé.

Dans un cas le bruit fut comparé par les uns à un coup de tonnerre qui gronde dans le lointain, par d'autres, au bruit que fait une charrette lourdement chargée ou un bâtiment qui s'écroule.

Ce bruit est *unique*, et plus souvent *double* ou *triple ;* on croit entendre deux ou trois coups de canon. Halley, Le Roy ont plus particulièrement insisté sur ce redoublement, qui

peut être encore plus répété ; ainsi, dans un cas, on entendit sept à huit coups articulés. Une autre fois la détonation fut comparée à un feu de file exécuté à une distance de 5 à 600 mètres ; et ce bruit dura vingt à trente secondes. Une autre fois encore, il parut suivre le même trajet que le météore et dura une minute quatre secondes.

La détonation est parfois tellement violente qu'elle fait trembler les vitres, les meubles, les maisons ; qu'elle démolit les cheminées et renverse des personnes dans la rue.

Très-rarement on a noté la plus grande distance à laquelle on ait entendu la détonation. Dans un cas, il est dit qu'elle ne fut pas perçue au delà de 10 lieues à la ronde.

Il importe de constater le temps qui s'écoule entre le moment où l'on voit le météore éclater et celui où l'on entend le bruit qu'il occasionne alors ; car cette appréciation peut servir à fixer la hauteur où le phénomène se produit dans l'atmosphère. Or, parmi les observations où l'on a tenu compte de cette circonstance, nous trouvons que le temps écoulé a été :

	20 à 25	secondes.
	20 à 45	—
	1 à 2	minutes.
	2	—
	3	—
Et même	8 à 10	—

On voit combien est parfois énorme la hauteur à laquelle le météore éclate et termine sa course.

Nous rapporterons en entier l'observation suivante, à cause de l'intérêt qu'elle présente.

L'observation suivante, que nous abrégeons sur beaucoup de points, est des plus intéressantes :

« Le 17 juillet 1771, dit Le Roy, vers les 10 heures et » demie du soir, le temps étant parfaitement serein au-dessus » de Paris, à la réserve de quelques nuages qui bordaient » l'horizon du côté du couchant, on vit paraître tout d'un » coup dans le N. O. un feu semblable à une grosse étoile » tombante, qui, augmentant à mesure qu'il approchait, pa- » rut bientôt sous la forme d'un globe, et ensuite avec une

» queue qu'il traînait après lui. Ce globe ayant traversé une » partie du ciel, à peu près du N.-N.-O. au S.-S.-E. avec une » extrême rapidité et dans une direction fort inclinée à la » terre, son mouvement parut se ralentir, et sa forme deve- » nir semblable à celle d'une larme batavique; il répandit » alors la plus vive lumière, étant d'une blancheur éblouis- » sante et pareille à celle du métal en fusion. Sa tête parais- » sait environnée de flammèches de feu, dont les unes sem- » blaient appartenir au corps même du météore, les autres » en être détachées, et sa queue, bordée de rouge, était parse- » mée des couleurs de l'arc-en-ciel. Le globe, étant devenu » comme stationnaire, parut prendre une forme encore » moins allongée, comme celle d'une poire, et avoir dans son » milieu des bouillonnements accompagnés d'une matière » fumeuse; alors, ayant comme épuisé tout son mouvement, » il éclata en répandant un grand nombre de parties lumi- » neuses semblables aux *brillants* des feux d'artifice. Ces » brillants produisirent une si vive lumière, et si éblouissante, » que la plupart des spectateurs ne purent en soutenir l'é- » clat.

» La durée du phénomène n'a guère paru à Paris que de » quatre secondes. Le globe, à l'instant de son explosion, était » élevé de 45° environ, et semblait avoir 12 à 15 pouces de » diamètre, mais il parut plus gros à quelques observateurs, » du côté de Corbeil et de Melun.

» Deux minutes, ou environ après qu'il eut éclaté, on en- » tendit à Paris un bruit que les uns ont comparé à un coup » de tonnerre qui gronde au loin, d'autres, à une charrette » fort chargée qui roule sur le pavé, d'autres enfin, à un bâ- » timent qui s'écroule. — A Melun, on entendit, après l'ex- » plosion, sept ou huit coups articulés. Ce bruit fut accom- » pagné d'une commotion dans l'air qui fit trembler les vitres » et les meubles, particulièrement dans les lieux élevés, » comme à l'Observatoire. Plusieurs personnes s'imaginèrent » que plusieurs portions du météore étaient tombées jusqu'à » terre. Ce qui est vrai, c'est qu'il paraît qu'au moment de » son explosion, et même auparavant, nombre de parties de » feu se firent voir très-près de terre. Ainsi, un habile juris-

» consulte, homme très-digne de foi, était avec plusieurs » personnes dans un appartement, au second, rue de l'Ob- » servance, il était assis en face des fenêtres qui étaient ou- » vertes, à une distance de 9 ou 10 pieds.

» En un clin d'œil, dit-il, avant que le météore s'éteignît, » il le vit faire une espèce d'explosion, sans aucun bruit, qui » poussa *une lame de feu* jusque dans la salle où il était; *cette* » *lame, qui paraissait remplir tout l'horizon*, n'avança vers » nous qu'avec une espèce de lenteur, car nous vîmes sa » marche très-distinctement, et sa vitesse ne nous parut pas » excéder la vitesse du vol d'un oiseau de proie. Cette lame » nous couvrit d'une lumière aussi éclatante que celle d'un » beau soleil à midi, et s'éteignit à l'instant.

» Dans le même moment, ou à peu près, des personnes » qui étaient à table, rue de Clichy, virent très-distincte- » ment sur le carreau de petites flammes qui avaient l'air » de s'agiter en différents sens, et qui, ensuite, disparurent. »

Auprès de Melun, c'est-à-dire à une demi-lieue environ du point au-dessus duquel le globe a éclaté, un observateur rapporte que quelques minutes après l'explosion du globe, « il » entendit autour de ses oreilles un bourdonnement sem- » blable à celui que font les abeilles dans une ruche, et » qu'aussitôt il fut frappé de quelque chose à la nuque, qui » lui parut chaud et comme s'il avait été électrisé. »

Il ne dit pas avoir vu autour de lui aucune partie de feu. Le Roy pense qu'une partie des flammèches qui environnaient la tête du météore, et qui semblaient voltiger autour de lui, ont pu s'en détacher, même avant l'explosion, et descendre ensuite jusqu'à terre.

Ce météore a été vu dans des endroits fort éloignés de Paris et fort distants les uns des autres. Il fut aperçu (*Hist.*, p. 30) dans tout l'espace en latitude de Sarlat à Oxford, et en longitude de Granville à Reims, c'est-à-dire dans un espace d'environ 5 degrés en longitude et 6 degrés en latitude. Il paraît que lorsqu'on commença à l'apercevoir, il était à plus de 18 lieues de hauteur, et qu'à l'instant de son explosion, il se trouvait encore à plus de 9 lieues au-dessus de l'horizon, hauteur qui s'accorde très-bien avec celle que lui donne l'in-

tervalle de 2 minutes qui s'écoula entre cet instant et celui où l'on entendit le bruit de cette explosion. La vitesse du météore a été de 7 à 8 lieues par seconde; son volume était énorme, car, par une estimation fort au dessous de ce que les observations donnent, il avait plus de 500 toises de diamètre (1).

Chute à terre. — Les globes de feu à l'étude abrégée desquels nous venons de consacrer quelques pages, n'atteignent presque jamais le sol; cette circonstance les distingue de la foudre en globe. Maintes fois, il est vrai, on a supposé qu'ils étaient tombés dans un étang, dans une rivière, sur le terrain même, mais sans preuves suffisantes.

On a dit que le *muid de feu* observé en Bourgogne avait répandu du feu sur plusieurs villages sans causer d'incendie, et qu'un postillon en aurait été couvert; serait-il vrai que quelques parcelles du météore observé à Paris par Le Roy, seraient arrivées jusqu'à la terre?

Quant au fait suivant, n'appartiendrait-il pas plutôt à l'histoire des aérolithes?

Barham vit dans la Jamaïque un globe de feu de la grosseur d'une bombe qui tomba sur le sol et y fit plusieurs trous, parmi lesquels il en trouva un qui avait le diamètre de l'épaisseur d'un homme; les autres avaient le diamètre du poing. Le premier était si profond qu'on n'en put trouver le fond en le sondant avec des cordes (Musschenbroek) (2).

Saison. — Sur soixante-huit globes de feu observés dans les régions tempérées de l'Europe; nous trouvons la répartition suivante :

Décembre....	4	17 Hiver.
Janvier.....	7	
Février.....	6	
Mars.....	3	12 Printemps.
Avril.....	5	
Mai.....	4	

(1) *Mém. de l'Acad. roy. des sc.*, p. 670 (1771).
(2) *Phys. expérim.*, t. III, p. 405.

Juin	7	15 Été.
Juillet.....	3	
Août.....	5	
Septembre...	4	24 Automne.
Octobre.....	7	
Novembre ...	13	
	68	

Les météores ont été notablement plus observés en automne que dans chacune des autres saisons, qu'en été surtout.

Nota. — Il n'est pas fait mention des apparitions en forme de fusées, de poutre, de colonne et autres météores non en globe.

Bolides incendiaires. — Les globes de feu qui tombent de l'atmosphère occasionnent parfois des incendies remarquables par l'extrême rapidité de leur développement.

Sur quinze observations de ce genre, deux fois le phénomène a eu lieu le ciel étant serein. Il est possible que quelques-uns de ces incendies soient le résultat de la chute d'aérolithes dont la température s'est considérablement élevée en traversant notre atmosphère. Voici d'abord des observations qui vont tendre à éclairer cette question.

1. L'abbé Poyedavant rapporte qu'au milieu du XVIe siècle, deux ou trois météores enflammés, appelés *rugles* dans le langage béarnais, se précipitèrent du haut des airs sur la ville de Nay (Basses-Pyrénées), et la réduisirent en cendres. Cet événement survint aux fêtes de la Pentecôte *pendant un ciel serein*. La flamme de ces globes, dirigée en fer de lance, fut d'une telle activité, que l'on ne put éteindre l'incendie malgré l'abondance de l'eau employée. Des cinq ou six cents maisons qui composaient la ville, il n'en resta qu'une seule (1).

2. Le 7 mars 1618, l'incendie qui consuma la grande salle du Palais de justice, à Paris, fut causé par la chute d'une

(1) *Histoire des troubles survenus dans le Béarn dans le* XVIe *et la première moitié du* XVIIe *siècle*, fol. 1, p. 56. — Palasson, *Hist. nat. des Pyrénées*, t. IV, p. 178 (1838).

étoile enflammée, large d'un pied et haute d'une coudée (1).

3. Monterchius a donné la description d'un globe de feu qu'il observa le 8 avril 1676; il n'était que peu élevé au-dessus de l'horizon; car le bruit de sa queue se faisait librement entendre, semblable au bruit que ferait une barre de fer rouge qu'on promènerait dans l'eau. Le météore aurait, dit-on, grillé quelques branches d'arbres (Musschenbroek) (2).

4. En 1721, le temple de Saint-Pierre, à Riga, fut incendié pendant la nuit par un météore igné dont le volume fut comparé à celui d'un enfant nouveau-né.

5. La chute d'une *étoile filante* incendia, vers l'année 1749 une maison de Saint-Usage (Côte-d'Or) (3).

6. Dans la nuit du 11 au 12 novembre 1761, vers 4 heures 45 minutes, la nuit étant belle et le ciel serein, on n'apercevait qu'un petit nuage; tout à coup parut, à une très-grande hauteur, un globe de feu ayant le diamètre apparent de la pleine lune au moment de son lever; il était d'un rouge très-foncé et fit explosion en lançant de toutes parts des traits enflammés, avec un bruit de décharge de vingt canons suivi d'un roulement continu beaucoup plus bruyant que ne l'est celui du tonnerre et plus effrayant. Ce roulement dura plusieurs secondes et fut accompagné d'une commotion si grande que plusieurs personnes crurent à un tremblement de terre. Il tomba quelques gouttes de pluie. Il paraît que le globe de feu éclata près de Seurre (Bourgogne). En effet, le propriétaire d'une maison, à une demi lieue de la ville, rapporta avoir vu la lune se partager en deux, et une de ses portions se précipiter sur sa maison et y mettre le feu. Cette portion était sans doute un fragment du météore (Michaut) (4).

(1) *Roman de Notre-Dame de Paris de V. Hugo. Mém. du temps. Comptes rendus.* p. 154 en note (1836). Fait rapporté par Mirat à l'occasion du 62e R., étude de Millet. (*Météore de Belley*).

(2) *Phys. expérim.*, t. III, p. 397.

(3) *Hist. de l'Acad. de Dijon.*

(4) *Hist et mém. de l'Acad. de Dijon*, t. 1. hist. p. XLII (1769).

7. Le 12 novembre 1761, à Chamblan, une *boule de feu*, en se divisant, mit le feu à une maison (Egen) (1).

8. M. Wooulfe rapporte qu'un météore igné a mis le feu à deux maisons de la province de Suffolk. Il est disposé à croire que c'était un aérolithe, mais sans en avoir la preuve certaine (2).

9. Le 23 octobre 1802, on vit à Colchester, à 7 heures du soir, un globe de feu qui passa très-rapidement du S. au N. de cette ville. Il éclairait les objets d'une lumière verdâtre; une partie de sa longue queue étant tombée sur la maison d'un meunier des environs de Bury-Saint-Edmont y mit le feu et la consuma si rapidement qu'on eut à peine le temps d'enlever une partie du mobilier (3).

10. Le 19 juillet 1818, un violent orage éclata sur Dournham-Market (Norfolk) et pendant que la pluie tombait à torrents, un globe de feu descendit, fit explosion sur une grange et la consuma entièrement (4).

11. Le 13 novembre 1835, vers 9 heures du soir, *par un ciel serein*, on aperçut dans l'arrondissement de Belley (Ain) un brillant météore. A son apparition, il avait déjà la forme d'un globe incandescent. Au-dessus du village de Belmont, il grandit et laissa derrière lui une traînée lumineuse qui semblait avoir 3 ou 4 mètres d'étendue. Il y eut alors une détonation assez forte, semblable à celle du tonnerre. Le globe éclata près du château de Lauzières. Il se dispersa, dit M. Millet-Daubenton, en une infinité de globules et de rayons lumineux de couleurs variées et d'un éclat éblouissant. Le tout paraissait occuper une longueur de 60 à 80 mètres, sur une largeur de 40 à 50 mètres. M. Collon, agriculteur, allait se coucher, lorsqu'il entendit la détonation. Il sortit aussitôt et vit la couverture en bois et chaume de sa grange en feu. Les remises, les écuries, les récoltes, les bestiaux, tout fut brûlé en quelques minutes.

Aucun des observateurs de ce météore igné ne suivit de

(1) Gilb., *Annal.*, t. LXXII, p. 338.
(2) *Journ. de phys*, t. LIII, p. 476 (1801).
(3) *Journ. de Paris*, 26 *brumaire an* x.
(4) Howard. *Clim. of London*. tab. CXLV, 148, t. II, p. 99.

l'œil l'immense pluie de feu qu'il forma après avoir éclaté jusque sur le toit même du fermier Collon; ainsi, l'on pourrait nier que cette pluie ait été la véritable cause de l'incendie. A un semblable doute, M. Millet répond que M. Collon et sa famille n'ont point d'ennemis connus dans le pays; qu'un incendiaire n'aurait certainement pas choisi une nuit aussi belle, aussi claire que celle du 13 novembre pour commettre un crime; que le feu prit simultanément sur toute la surface du toit; enfin, que peu de minutes après la détonation, plusieurs individus et M. Collon lui-même étaient sortis et n'avaient rien aperçu.

Depuis l'événement M. Millet a cherché près de la maison et dans les champs environnants s'il ne trouverait pas quelque pierre d'une nature inconnue. Il en a déjà recueilli deux de la grosseur d'un petit œuf qui lui semblent avoir ce caractère; elles sont irrégulières, anguleuses, leur pâte est grisâtre, bleuâtre, à teintes blanchâtres variées; on y distingue des pyrites; à l'air humide, elles se couvrent d'une sorte de rouille; enfin, elles paraissent avoir subi un commencement de fusion, car l'intérieur est formé d'une couche mince noirâtre (1).

12. M. Vérusmor rapporte que dans la nuit du 3 au 4 août 1840, la ferme de Tamerville, près de Valognes, fut incendiée et que cet incendie fut attribué à la chute d'un météore. On ne vit pas, à la vérité, tomber le bolide sur ce bâtiment; mais six personnes dignes de foi, et qui se trouvaient sur trois points différents, virent, vers 9 heures et demie, un météore igné sillonner les airs et se diriger dans la direction de la maison incendiée, sur laquelle la ligne oblique qu'il décrivait avait dû le faire tomber. Une heure plus tard les bâtiments de la ferme étaient en feu (2).

13. Le 25 février 1841, dit le même auteur, un météore igné venant du nord-est tomba sur le toit d'un pressoir (arrondissement de Coutances) et y mit le feu, qui se communiqua bientôt à deux maisons contiguës. Plusieurs individus occupés dans le voisinage furent témoins de la chute du

(1) *Comptes rendus*, t. I, p. 414, Lettre à Arago.
(2) *Comptes rendus*, t. XI, p. 292 (1840).

bolide, et il ne leur resta aucun doute sur la cause d'un désastre que leurs secours empressés ne purent prévenir ni arrêter.

14. Le 16 janvier 1846, au soir, à la Chaux (arrondissement de Châlon-sur-Saône), un bâtiment d'hébergeage, couvert en paille, fut consumé avec une rapidité extraordinaire. Le fermier, ancien artilleur, n'entendit aucune détonation et ne sentit aucune odeur sulfureuse ou autre extraordinaire. Plusieurs personnes virent à la même heure une *boule de feu* tomber du ciel, dans la direction de la ferme, et bientôt après remarquèrent l'incendie dont il vient d'être fait mention. Suivant un témoin, cette boule de feu avait la grosseur de la tête d'un homme ; elle s'échappa du ciel et glissa comme une étoile filante, laissant derrière elle une longue trace de feu qui persista pendant plus de deux heures.

Il n'entendit aucune détonation ; le ciel était clair, mais il y avait un léger brouillard volant. D'autres témoins auraient entendu une détonation équivalente à celle d'un fusil de gros calibre, mais peut-être plus sourde.

15. Le 22 mars 1846, vers 3 heures du soir, dans la commune de Saint-Paul, aux environs de Bagnères-de-Luchon, un bolide, sous la forme d'une *gerbe lumineuse*, sillonna l'espace avec une grande vitesse et avec un bruit assez intense, et tomba sur une grange qui en peu d'instants devint la proie des flammes ; les bestiaux renfermés dans les étables furent consumés. — Ce fait a été communiqué à l'Académie des sciences (4 mars 1846) par M. Petit, d'après un journal de Saint-Gaudens (1).

16. M. le sénateur de Reuesse de Breibach écrit à l'Académie des sciences de Bruxelles, que dans la nuit du 22 décembre 1849, une ferme située à Groot-Spauven, arrondissement de Tongres, a été incendiée par un météore qui a éclaté au-dessus. Le feu s'est manifesté à la fois de différents côtés ; l'habitation a été détruite complétement ; un enfant y a péri et presque tout le bétail.

(1) *L'Institut*, t. XVIII, p. 248.

Météore sous la forme d'une fusée qui se détache d'un globe de feu ou se termine par un globe de feu; colonne de feu lançant des globes enflammés. — Le 4 décembre 1753, vers 3 heures de l'après-midi, le soleil étant très-beau, on vit près de la Palisse (Allier), un météore en forme de fusée volante qui semblait avoir 5 pouces de diamètre sur un pied de longueur; il se divisa en étincelles qui formèrent comme une belle pluie d'or. Des bergers assurèrent avoir vu ce météore tomber dans un étang. La route qu'il avait suivie demeura marquée pendant 4 ou 5 minutes par une trace de fumée noirâtre. Son apparition fut suivie d'un bruit sourd plus semblable à celui qui accompagne ordinairement les tremblements de terre qu'à celui du tonnerre; la fin de la journée fut très-belle (1).

Musschenbroek a donné le nom de *serpent* à un météore qu'il observa le 7 août 1741, vers 10 heures 20 minutes du soir. Le ciel était serein, l'air chaud; il vit tout à coup paraître une lumière très-brillante qui sembla s'élever de la terre dans l'air sous la forme d'un serpent qui y formait de légères inflexions. Il subsista pendant deux ou trois minutes, et répandit une si grande lumière qu'on aurait pu voir distinctement une aiguille couchée sur le sol. Insensiblement, ce météore s'arrondit en forme de cercle et il se changea en une petite nuée blanche lumineuse, mais si épaisse d'abord qu'elle masquait les étoiles. Il n'en resta aucun vestige dix minutes après. Lorsque ce météore commença à paraître, on entendit une espèce de petit murmure semblable à celui que produit une flamme violente.

Le 3 juin 1842, vers 9 heures 10 du soir, on vit de Montpellier, à une grande hauteur, un météore comparable à une immense *fusée volante* du plus grand éclat. Le docteur Flavard prétendit l'avoir vu se briser dans un lieu précis près du pont de Saint-Guilhem (Hérault) (2).

Le 3 avril 1756, à l'entrée de la nuit, on aperçut d'Avignon un *globe de feu* aussi volumineux que la lune dans son plein;

(1) L'abbé Ribaud, *Hist. de l'Acad. roy. des sc.*, p. 73 (1763).
(2) Marcel de Serres, *Comptes rendus*, t. XV, p. 293 (1842).

il finit en forme de fusée volante nuancée des couleurs de l'arc-en-ciel et terminée par trois pointes de chacune desquelles sortit une étoile semblable à celles des feux d'artifice. Ce phénomène fut suivi d'une explosion violente égale pour le bruit à deux coups de tonnerre (1).

Le 3 mars 1756, on vit à Berne une *fusée se terminant par un globe* de la grandeur de la lune (2).

Le 24 juillet 1790, à 9 heures du soir, le ciel étant assez serein, quelques nuages bas et légers paraissant seulement à l'ouest, et la lune éclairant, M. Lapeirouse vit à la hauteur des nuages une sorte de *fusée* qui s'éleva en grossissant, changea deux fois de couleur, devint scintillante et jeta de son sein, sans aucune explosion, un globe clair, vif et argenté qui alla se perdre dans les nuages (3).

Le 13 janvier 1745, on vit une *colonne de feu* qui tombait du ciel ; jetant des rayons gros comme le bras d'un homme et lançant avec de fortes explosions des globes de feu (4).

Traînées lumineuses groupées en globe de feu. — Suen Hof a été témoin du phénomène suivant : dans la paroisse de Nœs, à un mille de la forteresse d'Enccope en Upland, le 1er octobre 1729, deux heures environ avant le lever du soleil, des vapeurs très-rouges apparurent dans le ciel, d'ailleurs serein, puis, s'étendant en longues bandes du nord au sud, elles commencèrent à se réunir de plus en plus. Bientôt elles constituèrent un globe de feu du diamètre apparent de 2 pieds, qui se mit en mouvement dans cette même plaine du ciel précédemment occupée par des vapeurs rouges et diffuses. Le météore lançait des flammes et des étincelles et répandait une lumière égale à celle du soleil. Après avoir parcouru le quart de la voûte céleste, il s'éteignit brusquement, en laissant une fumée noire et épaisse ; alors on entendit une double détonation, tellement violente qu'elle réveilla subitement plusieurs personnes qui crurent entendre deux coups

(1) Richard, *Hist. nat. de l'air, etc.*, t. II, p. 165.
(2) *Ibid.*, p. 164.
(3) *Hist. et Mém. de l'Acad. de Toulouse*, t. IV, p. 189 (1750).
(4) Musschenbroek, *Phys. expérim.*, t. III, p. 406.

de canon. Ce jour même, le ciel resta serein; vers le soir apparut un grand *chasma* ou météore lumineux du septentrion. Mais le lendemain survint un temps orageux qui dura quelques jours et causa de grands désastres. Ce météore, ajoute Hof, se rapproche beaucoup de ce que les physiciens appellent *clypeum*.

Le 3 novembre 1846, vers 7 heures 30 minutes du soir, M. Méline, jardinier en chef du jardin botanique de Dijon, vit un globe de feu, se mouvant plus lentement qu'une fusée de l'ouest à l'est, horizontalement à 60 ou 70 degrés de hauteur et éclairant les objets d'une lumière dont la teinte était jaune serin. Ce météore laissa sur toute la longueur de la route qu'il suivit une immense traînée d'un blanc couleur de cendre. Il traversa ainsi le quart du ciel; puis, avant de disparaître, il lança une gerbe de flammes ou d'étincelles brillantes, mais sans bruit sensible. La traînée demeura visible pendant au moins dix minutes. Une particularité fort remarquable, c'est que *la matière lumineuse des deux extrémités de la traînée parut se porter vers le milieu de la ligne parcourue, où en se condensant elle forma une espèce de boule* grosse comme un chapeau, mais non compacte; elle était comme formée par la réunion d'amas lumineux, séparés par des stries obscures et très-étroites. Cette espèce de boule dura au moins un quart d'heure, mais en s'affaiblissant (Perrey) (1).

(1) *Comptes rendus*. t. XXIII, p. 985 (1846).
On trouvera la description d'autres exemples de ce genre de météores dans les ouvrages suivants :
Pline, *Hist. nat.*, liv. II, chap. XXV, XXVI, XXXIV, XXXV.
Diodore de Sicile, liv. III, chap. L et LI (t. II, p. 92 de la traduction de Miot).
Cicéron, *de la Divination*, liv. I, chap. XLIII.
Julius obsequens, *Prodiges*, § II, IX, XXXI, XLIV, LXIX, LXXI et CI.
Ann. de chim. et de phys., t. XXI, p. 402 (1822).
Ibid., t. IX, p. 405.
An. des voyages, t. XV.
Americ. Journ. of sc. (1827).
Bull. univ. (*partie mathém.*), t. XI, p. 201 (1829).
Ibid., t. III, p. 303 (1823).
Journ. de phys., t. LXXXVIII, p. 348 (1819).
L'Institut, t. XXI, p. 215 (1853).
Arago *Notice. Annuaire des longitudes de* 1838, p. 257.
Garnier, *Météorologie*, p. 359 et 374.

Godard, Journal *la Patrie* du 5 nov. 1856.
Gilbert, *Annales*, t. LXI.
Hist. de l'Acad. roy. des sc., p. 24 (1757), — p. 23 (1756), — p. 670 et 685 (1771), — p. 73 (1753), — p. 32 (1687).
Proc. of the americ. associat., p. 191 (1851).
Écho du monde savant, n° 200 (1837).
Voigt's Magaz, t. VII, p. 557 (1894).
Ibid., t. IX, p. 117 (1805).
Mém. de la soc. des sciences, des lettres et des arts de Nancy, p. 37 (1843).
Mém. de la soc. des sc. de l'agricult. et des arts de Lille, p. 93 (1842).
Musschenbroek donne d'autres indications.

Les tables des comptes rendus de l'Académie des sciences (voir spécialement la table générale des trente premiers volumes) en renferment un grand nombre d'exemples sous les noms de *bolides*, de *météores lumineux*, parmi lesquels nous signalerons les suivants :

Comptes rendus de l'Acad. des sc., t. VII, p. 902 (1838).
Ibid., t. IX, p. 139 et 279 (1839).
Ibid., t, XII, p. 616, 790 et 1196 (1841).
Ibid, t. XIV, p. 919 (1842).
Ibid., t. XXXV, p. 437 et 676 (1852).
Ibid., t. XLIV, p. 44 et 736.
Ibid., t. XLIII, p. 43 et p. 1202.
Ibid., t. XLIX, p. 456 (1859).
Ibid., t. L, p. 997 (1860).
Ibid., t. LI, p. 1089 (1860).
Cosmos (Journal), t. III, p. 357 et 458 ; t. VIII, p. 368 et 421.
Ibid., t. XIV, p. 91 ; t. XV, p. 145.
Ibid., t. XVI, p. 155 ; t. XVIII, p. 62 et 63.
Ibid., t. XX, p. 214, 560 et 632,

DEUXIÈME PARTIE

EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES CORPS BRUTS

CHAPITRE Ier

EFFETS GÉNÉRAUX DE LA FOUDRE

SOMMAIRE. — Déplacement. — Transport par action directe de la foudre. — Du rôle du soufre dans les transports opérés par la foudre. — Déplacement des corps non touchés par la foudre. — Déplacement par action à distance de la nuée orageuse. — Incision. Section. Perforation. — Calorification. Conductibilité. — Apparences lumineuses sur les individus. — Apparences lumineuses sur le sol et sur les édifices. — Fumée. Vapeur.

Déplacement. — Le *déplacement* des corps est un des effets les plus ordinaires de la foudre. Nous distinguerons *la dispersion* qui se fait dans tous les sens *du transport* qui s'opère dans une direction précise.

Dispersion par action directe de la foudre. — La dispersion s'exerce sur des matières de nature, de poids et de volume fort divers. Des fils métalliques fondus, brisés, volatilisés, des matériaux de construction, des parties d'édifices, sont très-fréquemment dispersés au loin.

Le R. George Low dit qu'à Funzie in Fetlar (Écosse), vers le milieu du siècle dernier, une roche de micaschiste de 32 mètres de long, 3 mètres de large et sur quelques parties de 1m 20 d'épaisseur, fut arrachée par la foudre et brisée en trois gros fragments, sans compter les petits. L'un d'eux avait 7m 90 de long, 3 mètres de large, et fut simplement renversé sur lui-même; un autre fragment de 8m 50 de long, 2m 10 de large et 1m 50 d'épaisseur, fut lancé par-dessus un tertre et alla tomber à 45 mètres. Le troisième, qui avait 12 mètres de long, fut lancé dans la même direction plus loin encore et tomba dans la mer (1).

(1) Extr. par Hibbert des *Manuscrits du R. G. Low*, cité par Lyell, *Géologie*.

On a vu des moellons considérables arrachés à des édifices et lancés à 150 et 200 pieds de distance, des poutres ont été enlevées et lancées au loin.

Le grand mât du *Rodney* pesait 800, il fut brisé par la foudre, et réduit en copeaux qui flottèrent le long du vaisseau comme des rebuts de charpente.

A Cherbourg, dans la nuit du 11 au 12 juillet 1852, le mât de misaine du navire *le Patriote* fut fendu sur une longueur de 26 mètres, un fragment de 2 mètres, ayant 20 centimètres d'équarrissage par le bout le plus épais, est venu, à 80 mètres de distance, enfoncer une cloison en chêne de 3 centimètres d'épaisseur, et la pénétrer par le bout le plus gros (Liais, Arago).

Pour expliquer la dispersion qui se fait dans toutes les directions on ne peut pas invoquer un choc direct qui ne pourrait imprimer qu'une direction. Faut-il, comme Arago, l'attribuer à la vaporisation de l'eau? La tension de la vapeur d'eau est déjà de 45 atmosphères à 260°, quelle ne doit pas être la force qui résulte de cette vaporisation quand elle est produite par un courant électrique aussi puissant que la foudre?

« Plaçons, dit Arago, de l'humidité dans les fissures, dans » les alvéoles d'une pierre de taille, et si la foudre vient à » frapper cette pierre, le développement subit de la vapeur » la brisera et ses fragments seront projetés au loin, suivant » toutes les directions. Dans les mêmes circonstances, la » brusque transformation en vapeur éminemment élastique » de l'eau mêlée à la couche terrestre sur laquelle les fon- » dations d'une maison reposent, suffira pour soulever la » maison en masse et pour la transporter à quelque dis- » tance. »

Mais cette théorie ne saurait s'appliquer aux corps qui ne renferment point d'eau; dans quelques circonstances la décomposition chimique, c'est-à-dire la séparation des éléments constitutifs des corps en tout ou en partie à l'état de gaz ou de vapeur peut bien expliquer la dispersion dans toutes les directions, mais il faut avouer aussi qu'il nous serait bien difficile de l'établir dans tous les cas.

Transport par l'action directe de la foudre. — Le transport des matières pondérables opéré par action directe est démontré par des faits nombreux ; dans beaucoup d'entre eux le point de départ et le point d'arrivée sont très-nettement accusés.

Il s'agit le plus souvent du transport d'objets métalliques.

Le 31 mai 1769, la foudre frappa une maison à Hanovre ; elle fondit et vitrifia de la terre glaise qui recouvrait une poutre, se jeta sur un fil de fer de sonnette, emporta la terre glaise fondue et les globules de fer et les déposa en partie sur les parois de la sonnette, en partie contre les parois d'un trou d'un pouce de diamètre qui donnait passage au fil de la sonnette (Ebel).

En 1854, un individu fut atteint par la foudre, près d'Aix ; tout son corps fut sillonné, et particulièrement épilé, et ses poils roussis et racornis furent roulés en petites pelotes, transportés et incrustés dans le gras de la jambe d'où il fallut les extraire.

Dans d'autres circonstances le point de départ n'est pas aussi précis. On a trouvé très-souvent sur les cimes des rochers des matières métalliques fondues qui semblaient y avoir été transportées par la foudre (1).

M. Fusinieri a observé sur les murs d'une maison récemment foudroyée, des dépôts pulvérulents de couleur variant du noir au jaunâtre et qui furent reconnus pour du fer à divers degrés d'oxydation. Sur des pierres du mur, il y avait çà et là une couche épaisse et fondue d'un demi-millimètre qui fut reconnue pour du sulfure de fer. Les fenêtres avaient des vitres unies entre elles par des lames de plomb : celles-ci offraient de nombreuses petites cavités opérées par la fusion, sur les bords desquelles il y avait un petit dépôt ferrugineux.

Ces dépôts ferrugineux ont encore été observés par M. Fusinieri dans une maison frappée à Schio, le 9 août 1831.

Dans quelques circonstances, les dépôts ont pris l'aspect de taches qui semblaient dues à du noir de fumée ou à de la

(1) Babinet, *Revue des Deux-Mondes* (15 mai 1854).

poudre à canon, ayant parfois la forme de traînées sinueuses ou de zigzags.

Le transport s'opère souvent sur des arbres, en particulier sur des peupliers; dans plusieurs cas, M. Fusinieri trouva sur les parties mises à nu de petites taches noirâtres qu'il reconnut ferrugineuses par une analyse directe. La plupart de ces arbres étaient décortiqués, l'aubier séparé, les racines déchirées et imprégnées d'une matière brunâtre ferrugineuse. On avait senti une forte odeur d'hydrogène sulfuré sur le terrain peu après l'accident, on en sentit une plus forte encore en enlevant l'écorce. On a trouvé de la matière ferrugineuse jusqu'au centre de l'arbre.

Dans quelques autres cas, on ne découvrit ni odeur sulfureuse ni trace de fer; c'est ce que MM. Fusinieri et Boussingault ont pu observer à deux époques distinctes sur des poiriers foudroyés.

En étudiant l'action de la foudre sur l'homme, nous aurons à parler des taches nombreuses et des colorations diverses que l'on remarque sur les foudroyés.

M. Fusinieri a publié de nombreuses observations sur les effets de transport des étincelles des machines dans le Journal de Pavie (1821-1825).

Du rôle du soufre dans les transports opérés par la foudre. — Nous avons déjà signalé l'odeur sulfureuse et la présence du sulfure de fer sur des troncs d'arbres foudroyés; dans un cas, M. Fusinieri a trouvé de petits cristaux de sulfure de fer sur une barre de fer que la foudre avait frappée.

Le 14 juin 1846, la foudre tomba dans l'église de Saint-Thibault, de Coux, qui se trouva tout à coup remplie de fumée et d'une forte odeur sulfureuse.

Un cadre doré et six chandeliers dorés étaient devenus complétement noirs, tandis qu'une croix dorée placée au milieu d'eux n'avait subi aucune altération. Des expériences chimiques ont démontré que cette couche noire était un sulfure (1).

(1) Bonjean, *Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, t. XXIII, p. 153 (1846).

Quelques observateurs ont regardé comme formés de particules de soufre les nuages de fumée que l'on observe dans les endroits où vient de tomber la foudre; d'autres disent que l'on a trouvé du soufre en nature sur des arbres foudroyés.

Le 24 août 1764, la foudre frappa le château électoral d'Heidelberg, et le lendemain on trouva les ardoises couvertes de petits corps jaunes qu'on reconnut pour du soufre (1). Le même auteur dit que l'on a souvent trouvé les murailles atteintes par la foudre couvertes d'un enduit jaune; malheureusement les recherches chimiques rigoureuses n'ont pas été faites pour s'assurer de la nature exacte de ces dépôts.

Bergman (2) dit que la foudre tomba sur la cathédrale d'Upsal; en examinant les débris de la toiture, il put recueillir une poudre assez semblable à celle du soufre, mais un examen consécutif lui démontra que c'était du cuivre calciné, qu'il put revivifier. La toiture de la cathédrale, comme cela est d'usage en Suède, était couverte en cuivre.

Le cuivre que nous venons de voir transporté par la foudre avait été évidemment enlevé à la toiture. Mais le fer et le soufre si souvent signalés, à quelle cause faut-il attribuer leur présence? C'est au sol le plus généralement ou aux objets voisins de ceux qui ont été foudroyés. Le sol renferme du fer à peu près partout, à l'état d'oxyde, de sulfure, de sulfate ; le soufre lui-même non-seulement existe libre dans la nature, mais sous la forme combinée, celle de sulfures métalliques, de sulfates, et en particulier de sulfate de chaux, il est un des corps les plus répandus. Le rayon fulminique décompose ces matières et en transporte les éléments sur les corps qu'il a frappés.

Dans quelques cas, il est possible que le dépôt de soufre provienne de la nuée orageuse d'où la foudre est partie.

Déplacement des corps non touchés par la foudre. — La foudre peut déplacer les corps sans les tou-

(1) Hemmer, *Act. Acad. Theod. Pal.*, VI, p. 342 et IV, p. 44.
(2) *Hist. de l'Acad. des sc.*, p. 33 (1767).

cher ; elle peut agir en communiquant une impulsion à l'air, ou par influence.

La foudre, en effet, dilate l'air des chambres qu'elle traverse, au point de lancer au dehors les vitres et même les châssis des fenêtres ; on a même vu des cloisons et des murs renversés par l'excéssive et subite dilatation de l'air.

Dans d'autres cas, la foudre, en traversant l'air, laisse un vide derrière elle ; l'air se précipite, de là un double courant en rapport d'intensité avec la violence du courant électrique.

Le souffle de la foudre est analogue au vent électrique qui a lieu au-devant d'une pointe métallique d'où s'échappe un courant que l'on sent très-bien sur la peau, qui produit des rides sur la surface de l'eau et devient encore plus manifeste, s'il est possible, quand on le dirige sur la flamme d'une bougie ou contre les ailes d'un petit moulin de carton. Des expériences faites avec les courants des machines ont été faites par le professeur Abria, et par M. Lehot (1).

La foudre peut agir aussi par influence. Tantôt elle agit sur les corps placés dans son voisinage, chargés d'électricité de même nom ou de nom contraire, pour les repousser ou les attirer. D'autres fois, la nuée orageuse électrise les corps placés à la surface du sol, et quand la décharge a lieu dans leur voisinage, ces corps, reprenant subitement leur état électrique primitif, subissent les effets du *choc en retour* qui peut leur faire subir un déplacement plus ou moins considérable.

Le déplacement des corps peut se faire encore par un autre mécanisme : Quand un conducteur est suffisant pour donner passage à la décharge, il n'y a que les effets dynamiques qui se manifestent (élévation de température, vaporisation des liquides, action sur l'aiguille aimantée, action chimique) ; mais il n'y a aucune des attractions et des répulsions qui appartiennent à l'état statique.

Lorsque le conducteur est insuffisant, les deux ordres de phénomènes existent simultanément : les phénomènes dyna-

(1) *Comptes rendus*, t. XI, p. 166 (1840); *Ann. de ch. et de phys.*, t. LXXIV, 2e série, p. 136; *Giornale di fisica*, t. VI, p. 214 (1823); *Bull. univ., p. mathém.*, t. I, p. 38.

miques sont produits par la portion qui s'écoule à travers le conducteur ; les phénomènes statiques, par la portion arrêtée par son insuffisance. La plus grande partie des matériaux qui entrent dans la construction des bâtiments sont dans la classe des plus mauvais conducteurs (nous en exceptérions aujourd'hui les édifices et les maisons dans lesquels il entre des quantités si considérables de fer); si la foudre vient à les frapper, il y a, par suite de conductibilité insuffisante, des actions puissantes d'électricité statique. L'arrangement même des matériaux qui constituent les édifices les rend encore plus mauvais conducteurs, ou plus inégalement conducteurs. Les parties qui conduisent bien le courant, comme les barres de fer, qui sont plus ou moins également disséminées dans la plupart des maisons, produisent à leurs extrémités, par le défaut de conductibilité des matériaux qui sont à leur suite, une accumulation d'électricité statique. C'est dans ces points d'arrêt des courants, c'est entre les portions de plancher et de mur qui reçoivent ces décharges électriques, que se produisent les puissants effets d'attraction qui arrachent les parquets, les plinthes et les meubles rapprochés d'un sol humide et conducteur. C'est alors que l'eau des vases ou du sol s'évapore et ajoute son appoint conducteur à tous les conducteurs voisins ; c'est alors que les objets légers sont soulevés et forment la danse électrique entre des tensions opposées des planchers (1).

Déplacement par action à distance de la nuée orageuse. — La foudre semble agir quelquefois sur les corps successivement par influence et par action directe.

Il arrive en effet que des hommes foudroyés sont soulevés et emportés à une distance plus ou moins considérable. M. Brillouët fut transporté à vingt-cinq pas, suivant une parabole. Un homme fut transporté à 33 mètres de distance dans une touffe de châtaignier, d'où il fut retiré blessé par la foudre et à demi mort ; un autre fut enlevé d'un chariot et projeté dans une pièce de terre voisine. M. Pel-

(1) Peltier, *Comptes rendus*, t. XIX, p. 1364 (1844), et *Archiv. de l'élect.*, t. IV.

tier (1) admet que ces individus, fortement chargés d'électricité, ont été attirés par le nuage orageux jusqu'à ce que leur rapprochement ait permis une explosion avec l'électricité libre, et qu'ils sont alors retombés.

On a vu des enfants à la mamelle, enlevés des bras de leurs mères, transportés et déposés sans lésions, à plusieurs pas de distance, les mères ayant été tuées ou blessées par le météore; il semble qu'ici la nuée orageuse s'est déchargée, puis rechargée suffisamment pour effectuer ce transport.

Incision. Section. Perforation. — Il est assez commun que la foudre coupe, incise les corps inertes ou vivants, à l'instar d'un instrument tranchant, sans aucune trace de combustion. Des poutres, des mâts de navires, des troncs d'arbres ont été sillonnés comme par une lame d'acier; des chapeaux, des chaussures ont été finement découpés en lanières; les tissus vivants, comme nous aurons à l'établir plus loin, ont souvent présenté des lésions analogues.

La foudre perfore des lames métalliques, des briques, des roches, des murs épais, et produit dans le sol ces tubes appelés fulgurites. Les plus souvent ces perforations sont arrondies, plus ou moins régulières, quelquefois elles sont carrées. Quand les corps sont en couches superposées, on a vu la foudre percer, déchirer les couches de rang impair et épargner complétement les couches de rang pair; dans d'autres cas, la foudre perce la couche extérieure d'un trou unique, puis l'étincelle, se divisant en un grand nombre de rayons, crible de trous infiniment nombreux les couches profondes.

Calorification. Conductibilité. — Toutes les fois qu'un courant électrique traverse une barre métallique, il en élève la température; on comprend comment la foudre, qui est si puissante, puisse porter à l'incandescence et fondre des barres d'une dimension déjà considérable, volatiliser les fils métalliques, briser, fondre, projeter au loin le verre, le sable

(1) *Comptes rendus*, t. X, p. 202 (1840).

vitrifié, incendier rapidement des édifices, des meules de blé, produire de profondes escharcs sur l'homme et les animaux.

On a vu la foudre traverser des corps combustibles sans y mettre le feu, des masses de paille, de copeaux ; on l'a vue pénétrer dans un magasin à poudre, réduire en parcelles des tonnes de poudre sans y mettre le feu. On sait d'ailleurs que l'étincelle des batteries dirigée sur la poudre la réduit en poussière sans l'enflammer, cela tient probablement à la non-conductibilité de la poudre à canon ; on sait que l'approche d'un corps porté à une très-haute température, comme un boulet rouge, ne suffit point à enflammer la poudre, et qu'il faut un contact direct pour y arriver, à moins que l'action calorifique ne soit très-prolongée. C'est ainsi qu'en ralentissant la vitesse de la décharge électrique des machines en la faisant passer à travers des corps peu conducteurs, comme du papier ou un fil légèrement humectés, on voit les corps combustibles prendre feu (M. Sturgeon).

On sait qu'aucun corps ne possède le pouvoir d'isoler complétement l'électricité.

Dans le tableau suivant les corps conducteurs sont disposés suivant l'ordre de leurs facultés conductrices ou isolantes.

Corps conducteurs suivant l'ordre de leur pouvoir conducteur.

Les métaux.
Le charbon bien calciné (la braise, le charbon de cornue).
La plombagine.
Les acides étendus.
Les solutions salines.
Les minerais métalliques.
Les fluides animaux
L'eau de mer.
L'eau de source.
L'eau de pluie.
La neige.
Les végétaux vivants.
Les animaux vivants.
La flamme.
La fumée.
La vapeur aqueuse.
L'air raréfié.
Les terres et les pierres humides.

Corps isolants suivant l'ordre inverse de leur faculté isolante.

Les oxydes métalliques.
Les huiles.
Les cendres des végétaux.
Les cendres des animaux.
La glace.
La chaux.
La craie sèche.
Le caoutchouc.
Pierres siliceuses, argileuses.
Le marbre sec.
La porcelaine.
Les corps végétaux secs (paille).

Les toiles sèches (cordes sèches de chanvre).
Le bois fortement échauffé.
L'air sec.
Le cuir.
Le parchemin.
Le papier sec.
Les plumes.
Les cheveux.
Les fourrures.
La laine.
La soie.
Le verre.
La cire.
Le soufre.
La résine.
La gomme laque.

Le charbon de cornue à gaz est un excellent conducteur, le charbon de bourdaine calciné à 1500° est, d'après M. Violette, un meilleur conducteur. La suie, la peinture au noir de fumée sont d'assez bons conducteurs. Les plus mauvais conducteurs, quand ils sont mouillés, ou seulement humides, deviennent bien meilleurs conducteurs.

Nous ne pouvons pas développer ici tout ce qui a rapport à la conductibilité électrique, nous renvoyons pour tout ce qui concerne cette partie de la physique aux traités spéciaux.

Quand la foudre s'élance d'un nuage, elle rencontre sur son passage des corps inégalement conducteurs, elle tend à suivre la ligne qui lui offre le moins de résistance, des métaux, des murailles humides, et malheureusement aussi les hommes et les animaux.

La marche de la foudre n'est pas tracée seulement par quelques places isolées, mais par les conditions de tout l'espace qu'elle doit parcourir. Elle ne prend dès lors pas toujours et nécessairement la route la plus courte. Très-souvent, au contraire, elle affecte des directions obliques et même horizontales.

En suivant les meilleurs conducteurs, très-souvent elle laisse intacts les corps moins bons conducteurs et les corps isolants voisins. On sait qu'en formant une espèce de fourreau à une épée en la faisant tenir à poignée par plusieurs personnes, l'électricité suit cette lame sans qu'aucune d'elles ressente dans les mains la moindre commotion, quoique le corps humain soit un bon conducteur. Si, au lieu d'une épée, on employait une corde non métallique, mais mouillée, les expérimentateurs recevraient une partie de la décharge. Si la foudre rencontre sur la route, qu'en définitive elle est obligée de parcourir, de mauvais conducteurs, du bois, des

pierres de taille, de la maçonnerie, etc., tantôt elle les contourne; mais le plus ordinairement, elle les perce, les fend, les brise, les pulvérise, les projette au loin, faisant ainsi explosion partout où le conducteur est insuffisant.

C'est surtout en sortant d'un métal que la foudre produit ses plus violents effets. Nous aurons l'occasion d'en citer de nombreux exemples : en voici un fort remarquable.

Sur une montagne nommée *Teufelsberg*, près du village de Philippsthal, dans la partie est de la Prusse, se trouvait un énorme rocher qui s'élevait à 14 pieds au-dessus du sol: Pour enlever à peu de frais cette pierre incommode, on eut l'heureuse idée d'employer le secours de l'électricité atmosphérique. On pratiqua dans la pierre un trou dans lequel on planta une barre de fer de 28 pieds de hauteur. Au premier orage la foudre, attirée par la barre métallique, tomba sur la pierre et la réduisit en plusieurs fragments, qu'il fut facile de transporter (1).

En général, les fulminations par l'entremise d'un métal font plus de ravages que les fulminations par un jet de foudre libre. Ainsi, tandis qu'un rayon fulminant qui sort de la pointe d'un clou enfoncé dans un mur, pourra faire sauter une partie de ce mur; un rameau de foudre libre se contentera de percer une planche, de passer à travers les interstices des briques ou des moellons sans les soulever, sans les briser. L'abbé Chapsal a tout spécialement insisté sur cette différence. Si le conducteur est insuffisant, la foudre se divise souvent en plusieurs rayons qui se jettent sur les corps conducteurs voisins, sur les hommes et sur les animaux en particulier.

Enfin, si le conducteur est insuffisant, la portion de la matière fulminique qui ne peut pas passer, et qui attend en quelque sorte son tour, détermine des effets d'électricité statique ou de tension, c'est-à-dire, des effets d'attraction et de répulsion.

Apparences lumineuses sur les individus. — L'homme, frappé très-gravement de la foudre, parait ordi-

(1) *Écho du monde savant* (25 septembre 1836).

nairement inondé de lumière, enveloppé d'une flamme brillante; ce phénomène a été souvent constaté.

Les individus atteints légèrement ou qui se trouvent très-près du point que le météore frappe, se voient aussi subitement enveloppés de lumière et de flammes.

Un jeune homme, dont a parlé M. Biot, fut légèrement atteint par le météore dans la rue de Grenelle-Saint-Germain, vers 11 heures du soir; il se sentit tout à coup comme *enveloppé d'une lumière si forte* qu'il en resentit une assez vive douleur dans les yeux; un coup de tonnerre effroyable retentit instantanément. Il ne perdit pas connaissance et ne fut pas blessé; mais plusieurs objets métalliques qu'il portait furent fondus.

Le 28 juin 1778, entre 7 et 8 heures du matin, près de Marsillargues, M. Mourgue et son jeune fils, âgé de sept ans, se trouvèrent dans les champs, et près de leur maison, enveloppés par un violent orage. La foudre tomba à plusieurs reprises tout près d'eux. « A chaque coup, dit M. Mourgue, » nous nous trouvions environnés du feu de l'éclair, nous en » sentions la chaleur... Il faut, ajoute-t-il, avoir été au centre » d'un orage, au foyer du tonnerre, pour concevoir la sen- » sation que cette atmosphère épaisse et enflammée fait sur le » corps, et surtout sur la respiration; à peine pouvions-nous » prendre haleine; il semblait que le feu de l'éclair se tirait » de nous, de nos entrailles.... » Cette même sensation fut éprouvée par plusieurs personnes retirées très-près de là dans un petit espace...

Parfois, ce ne sont plus que des *étincelles* ou de *petites flammes* que les personnes atteintes voient courir sur leurs vêtements.

Le 20 juin 1776, vers 7 heures du soir, et pendant un orage, l'abbé Robert Seconditi se trouvait dans le dortoir du monastère de Sainte-Marie-des-Anges, de Faënza; il était alors occupé près de la fenêtre, à retirer, avec un fil de fer, un bouchon tombé dans une bouteille lorsqu'un trait de feu illumina le clocher. En même temps, il éprouva une forte secousse électrique entre les épaules; il se releva précipitamment et courut à une autre fenêtre; le ciel, de ce côté, était

serein ; il se voyait autour du bras droit et de la jambe droite *des sillons* et *des étincelles d'un feu* d'une couleur bleu clair ; et dans l'instant où il allait atteindre la fenêtre, il vint à lui un *nouveau trait de feu en serpentant*, et sans aucun bruit ; alors, effrayé et *toujours environné d'étincelles*, il courut à une petite terrasse pour appeler du secours, et, dans ce moment même, un nouvel éclair se porta vers le clocher avec une lumière si vive qu'elle l'éblouit.

Apparences lumineuses sur le sol et sur les édifices. — Quand la foudre arrive sur le sol ou tout près du sol, elle présente des aspects lumineux très-différents de ceux qu'elle offre dans son trajet supérieur. Elle tend à s'étaler sur une large surface, ou à se diviser ; dans certains cas, on a pu croire à un incendie, bien que le feu prenne assez rarement dans ces circonstances.

Le 20 mai 1711, au moment où la foudre tomba à Berne sur plusieurs maisons contiguës, un homme qui se trouvait tout près de là, dit que ces maisons lui apparurent enveloppées de flammes (Scheuchzer).

Au moment où la foudre tomba, le 6 octobre 1807, sur le château de Lichtenstein, des témoins, placés dans le voisinage, virent l'édifice enveloppé de flammes. Les appartements parurent tout en feu, et l'on crut à un incendie général (1).

Si la foudre pénètre dans une chambre, cette chambre est subitement inondée d'une lumière éclatante.

Madame Marsh se trouvait dans un cabinet, dont la porte était fermée, lorsque la foudre y pénétra en passant à un pied d'elle. Le bruit fut effrayant, pareil à une détonation de canon. Elle éprouva une chaleur affreuse, comme si elle eût été enveloppée de flammes ; au premier abord, elle vit une lumière intense, mais elle ne put rendre compte de ce qui s'était passé à partir de ce moment. Elle n'éprouva cependant aucun mal, put sortir de ce cabinet et s'élancer dans l'escalier, s'attendant à trouver sa famille frappée de mort.

Lorsque la foudre tomba, le 30 mai 1769, sur l'auberge

(1) Gilbert, *Ann.*

de l'Étoile, à Stockholm, un individu qui se trouvait dans une chambre, la vit pleine de feu ; il n'éprouva qu'une forte commotion, et l'on ne trouva dans cette chambre aucun dégât (Wilke).

D'autres fois, on aperçoit des traits de feu courant dans diverses directions.

La foudre étant tombée sur la cheminée d'une maison, rue Plumet, plusieurs habitants dirent qu'ils avaient été couverts de plâtras et d'autres débris avant d'avoir entendu le tonnerre, que les traits de feu qu'ils virent dans leurs chambres étaient si vifs qu'ils n'en pouvaient soutenir l'éclat (Sigaud).

En arrivant sur le sol, la foudre se divise parfois en *courants de feu*, d'autres fois en forme de cône, et c'est sans doute à cette disposition que nous devons attribuer la formation des *cercles de fées*.

Dans la nuit du 4 au 5 septembre 1767, la foudre se dirigea sur un étang de la paroisse de Châtillon, près de Parthenay, en Poitou. On aperçut toute la surface de cet étang couverte d'une flamme si épaisse qu'elle dérobait l'eau à la vue. Tous les poissons périrent (Richard).

Le 30 mai 1769, la foudre en globe tomba sur l'auberge de l'Étoile à Stockholm ; on vit dans la rue des courants de feu se diriger vers le bâtiment (Wilke).

Fumée. Vapeur. — La foudre laisse souvent dans les lieux qu'elle a parcourus une vapeur ou une fumée ordinairement odorante. Tantôt ce phénomène s'observe à l'air libre, sur le sol, sur des arbres, tantôt c'est à l'intérieur même des édifices.

Hemmer et Cummenus ont cité des cas où les habitants de maisons diverses ne pouvaient plus se distinguer, tant la fumée était épaisse. Musschenbroek rapporte que la fumée qui se répandit dans le château de Leisnig, en 1753, était noire et épaisse. En général, cette fumée a une odeur sulfureuse, elle est suffocante, chargée de vapeur d'eau, et en s'échappant par les fenêtres, par les différentes issues des édifices, elle fait croire à un incendie.

Lorsque le navire *Harriot* fut frappé par la foudre, il se développa une telle fumée sur le navire, que, le croyant en feu, on jeta une grande quantité d'eau dans la cabine dans l'idée que le feu y avait pris, bien qu'il n'en fût rien (1).

(1) Lettre de Watson, *Phil. Trans.*, LII, p. 629, 2e partie (1762).

CHAPITRE II

EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES OBJETS MÉTALLIQUES ET RÉCIPROQUEMENT

SOMMAIRE. — Arrachement. — Ondulations. — Torsion. — Raccourcissement des fils. — Fractures avec ou sans fusion. — Pulvérisation. — Section. Incision. — Perforation. — Transport des métaux. — Soudure. — Incrustation. — Vaporisation. — Effets lumineux et acoustiques. — Incandescence. — Aimantation. — Attraction entre deux métaux en contact. — Coloration. — Altérations chimiques. — Ablation de la rouille. — Ramollissement. Commencement de fusion. Fusion. 1° Degré de fusibilité des métaux. 2° Des plus grandes épaisseurs de masses métalliques que la foudre ait fondues. 3° Épaisseurs qui résistent à la fusion. 4° Métaux fondus sans altération des matières qui les touchent. — Attraction de la foudre par les métaux. — Conductibilité de la foudre par les métaux. — Effets de la foudre sur les cloches, les horloges, les pendules. — Effets produits sur les glaces, les miroirs, les dorures. — Fils métalliques des sonnettes.

Arrachement. — Les objets métalliques sont très-souvent arrachés et lancés ou transportés plus ou moins loin. Cet effet est si fréquent qu'il nous paraît inutile d'en citer des exemples particuliers. Il a été observé sur des gonds de porte, des serrures, des clous, des goupilles, des boulons, des vis, des tiges, etc. Parfois ces objets, les clous en cuivre doré par exemple, sont enlevés d'un meuble avec plus d'habileté que par l'ouvrier le plus adroit, sans compromettre en rien l'étoffe de soie ou de crin qu'ils fixaient.

L'arrachement des clous de charpente, des chevilles de fer, des boulons, a été la cause de désastres considérables. — En 1769, la foudre frappa le bâtiment des écuries du grand duc de Schweringen et pratiqua vingt-deux trous dans une chambre et dix-huit dans une autre : tous ces trous correspondaient à des clous fixés dans la muraille.

Ondulations. — Lorsque, sous l'action de la décharge électrique des machines, un fil métallique devient incandescent sans se fondre, il subit, en différentes places, des inflexions qui se transforment bientôt en des angles très-appréciables avec des côtés longs de plusieurs millimètres. Ces angles, en général très-obtus, de 100 degrés le plus souvent, se modifiant les uns les autres, donnent au fil l'appa-

rence ondulée. Or, cette ondulation nous paraît avoir été constatée sur une tige de fer frappée de la foudre.

En 1785, dit Hemmer, l'étincelle atteignit le paratonnerre élevé sur la tour Saint-Reinold, à Trémone, en Westphalie. On trouva la tige du sommet de l'appareil incurvée et *comme onduleuse*, et s'éloignant, en un point, jusqu'à un pied de la ligne droite.

Peut-être, certaines tiges, certains fils de métal dont nous parlerons bientôt comme *tordus* par la foudre ne présentaient-ils en réalité que des ondulations.

Torsion. — La tige et les fils de métal sont quelquefois tordus par la foudre, et cette torsion est parfois *en spirale* ; en voici quelques exemples :

La pointe du paratonnerre élevé sur la maison de l'envoyé de Saxe à Mannheim était *tortillée* dans la longueur de 2 pouces 1/2. Elle n'avait que 2 lignes 1/2 de diamètre à sa base.

Le fil conducteur d'un paratonnerre, à Zurich, resta entier après le coup de foudre qui l'atteignit ; mais il était *tordu* en plusieurs endroits (Haas).

Dans les cas suivants il est positivement indiqué que la torsion était en *spirale*.

Le 30 mai 1718, la foudre pénétra dans une cuisine à Zurich ; elle y tordit en spirale une broche.

La pointe en cuivre du paratonnerre du clocher de Rosstall était tordue en forme de *corne de bouc*.

Une portion de gouttière fut percée, pliée et contournée en spirale.

Enfin, lorsque la foudre rompt des câbles métalliques, on trouve parfois les fils qui les composent beaucoup plus fortement tordus en spirale dans les points rompus que partout ailleurs. Nous pouvons citer trois cas de ce genre observés sur les câbles conducteurs des paratonnerres du clocher de Rosstall, du château de Staremberg et d'une maison à Dachau.

Raccourcissement des fils métalliques. — Les fils métalliques se raccourcissent sous l'action des décharges

de la machine électrique poussées jusqu'à l'incandescence sans fusion. Nairne a réussi, au moyen de quinze fortes décharges successives, à raccourcir de 2 centimètres un fil de 27 centimètres de longueur et de 3 millimètres de diamètre, sans que le poids du fil fût changé.

Au moyen d'une seule décharge de la machine Teylérienne, un fil de fer de 65 centimètres fut raccourci de 8 millimètres.

M. Edmond Becquerel a trouvé que les diminutions de longueur des fils de platine très-fins sont très-sensiblement proportionnelles aux rapports inverses du cube des diamètres des fils (1).

Le raccourcissement est dû à l'augmentation de diamètre, et aussi aux ondulations dont nous avons déjà parlé, car il suffit souvent d'étirer à la main les fils un peu fins qui ont subi ce retrait pour leur restituer à peu près leur longueur primitive. On n'a donné jusqu'à présent aucune explication vraiment satisfaisante de ces faits.

La foudre produit les mêmes effets de raccourcissement. Nairne rapporte l'histoire d'un fil de fer dépendant d'un verrou de sûreté qui fut raccourci de plusieurs centimètres, quoique la foudre n'en eût parcouru que 5 mètres (2).

Nairne ne nous dit point si ce fil était ondulé en même temps que raccourci ; il faut le regretter, car si les exemples des fils métalliques rougis et raccourcis par le courant fulminique ne sont probablement pas rares, c'est le seul bien authentique que nous ayons recueilli.

Pièces métalliques brisées sans fusion. — Des fils de sonnette, des fils d'horloges et de télégraphes, des tiges de girouettes, des conducteurs de paratonnerre, des chaînes de montres, et divers instruments métalliques ont été brisés par le courant fulminique. Dans quelques cas, il est vrai, il y aurait quelques raisons d'attribuer cette rupture à des chocs produits par des fragments de matières peu conductrices de l'électricité.

(1) *Ann. de phys. et de ch.*, t. LXXI, p. 44 (1839).
(2) *Phil. trans.*, t. LXXII, p. 337.

Samuel Cooper s'est assuré à Nordwich, en 1758, que le plomb qui encadrait des vitres avait été déchiré et non pas fondu.

Un homme dont parle Wasse fut tué par la foudre; la lame d'un couteau qu'il portait fut brisée en morceaux sans présence de traces de fusion. Un canif eut son manche et son ressort brisés, et la lame resta intacte.

La chaîne en or qu'une dame portait à son cou fut brisée. Des fragments de cette chaîne furent examinés par M. Arago, qui ne put découvrir sur les chaînons aucune trace manifeste de fusion. Il ajoute : « Par quel genre d'action la chaîne a-t-elle été rompue? c'est ce que je ne saurais dire. »

La croix du paratonnerre du fort de Gênes fut brisée à la base de sa branche verticale, sans traces de fusion.

Le conducteur du paratonnerre de l'église de Rosstall consistait en dix fils minces de cuivre de Saltzbourg; il fut brisé en un grand nombre de fragments. Ces fils avaient été fracturés perpendiculairement à leur axe et ne présentaient aucune trace de fusion, seulement ils étaient tordus en spirale au lieu de leur fracture.

Le 10 décembre 1860, une des branches en laiton de la girouette du vaisseau le *Saint-Louis* fut brisée par la foudre et la section n'offrait aucune trace de fusion (1).

Nous avons vu précédemment les fils métalliques traversés par le courant de la machine électrique, se tordre, devenir ondulés, se raccourcir; si ces fils étaient fortement tendus avant l'expérience, les angles se formeraient plus difficilement et souvent alors on les voit remplacés par de *légères entailles* ou par un *déchirement* dans les points où l'inflexion a eu tendance à se produire. Si l'on augmente la décharge, le fil devient incandescent, se rompt en plusieurs fragments qui montrent plutôt une déchirure qu'une fusion, car les extrémités ne semblent nullement fondues. Cette rupture est beaucoup plus facile avec le laiton qu'avec le fer, l'argent, le cuivre, et surtout qu'avec le palladium et le platine; certains métaux, comme le cadmium et l'étain, sont même déchirés

(1) *Comptes rendus*, t. LXI, p. 1080 (1860).

bien avant l'incandescence, sans doute parce qu'ils fondent bien au-dessous du rouge.

Il semble que dans beaucoup de cas la foudre a incisé les fils métalliques comme elle incise les étoffes, le bois, sans trace de brûlure.

Fusion et rupture combinées. — Nous venons de voir des fils métalliques se rompre sous l'action de la décharge électrique, mais si celle-ci devient plus puissante, la rupture est accompagnée de fusion. Parfois les deux effets sont produits, il y a à la fois rupture et fusion.

Le conducteur du paratonnerre du paquebot *le New-York* consistait en une chaîne de 40 mètres de longueur, les chaînons avaient 45 centimètres de longueur et 6 millimètres de diamètre. Après le coup de foudre, on ne put recueillir de cette longue chaîne qu'un bout d'un mètre environ; les autres chaînons avaient été rompus ou fondus en globules.

Le conducteur du paratonnerre du vaisseau *le Jupiter* était une corde d'environ 70 mètres de longueur, formée de soixante fils de laiton : elle fut brisée et fondue en mille fragments.

Le conducteur du clocher du château de Torring-Seefeld était en fils minces de laiton. Il fut brisé perpendiculairement à son axe, en un très-grand nombre de fragments d'une longeur d'un mètre environ. Ces fragments furent lancés jusqu'à la distance de 600 pieds. Une partie de ce fil fut convertie en oxyde et violemment projetée contre la muraille.

Pulvérisation. —La décharge électrique des machines, quand elle est puissante, peut volatiliser et réduire en poudre du platine : quand elle agit sur des métaux oxydables à l'air, elle les oxyde, à moins que l'on n'opère en vase clos rempli d'azote. La foudre produit peut-être cette pulvérisation des aiguilles de platine des paratonnerres, mais on ne possède pas d'observations directes. Quant aux autres métaux, ils sont le plus souvent oxydés au moins en grande partie.

Section. — Incision. — Il arrive parfois que l'étincelle foudroyante incise, coupe les métaux, comme le ferait un instrument d'acier.

La foudre tomba, le 20 mai 1711 sur le Kefigturm à Berne, et fendit en spirale un tuyau métallique de descente.

Le 4 août 1720 la foudre pénétra dans une maison près de Breslau. Au coin de la cheminée se trouvait appuyé un fourgon (instrument de fer avec lequel on remue la braise). L'étincelle creusa sur sa longueur, comme par avulsion, un sillon en spirale plus large en haut qu'en bas, où il s'amincissait de plus en plus pour se terminer comme s'il eût été pratiqué avec une lame de couteau.

Perforation. — On a fréquemment observé la perforation des pièces métalliques par la foudre.

Nic. Felstrom rapporte que le 30 juillet 1740 une ferme de la paroisse d'Œsterwahla, en Upland, fut frappée par la foudre qui pénétra dans la cuisine.

Deux poêles à frire en cuivre furent percées l'une d'un trou de la grandeur d'une balle de carabine, l'autre d'un trou un peu plus grand. Deux autres poêles à frire furent endommagées, l'une comme percée par une balle, l'autre par du petit plomb. Un appareil à distiller, en cuivre étamé, n'était percé que de deux trous, mais il semblait avoir reçu une décharge de petit plomb. L'étain avait coulé sur plusieurs points. Une balle de mousquet semblait avoir percé un chaudron en cuivre et deux brocs placés au-dessous.

Plusieurs autres vases de cuivre renfermés dans une armoire furent en partie fondus, en partie troués comme avec des balles. Une grosse bouteille en étain était parsemée de grains de cuivre rouge et jaune provenant de la fusion des vases voisins.

Cinq vases en étain étaient fondus sur une largeur de deux à trois doigts et même plus. Sur un autre rayon des assiettes avaient leurs bords fondus. Plus loin, deux balances d'étain étaient percées et partiellement fondues. Une autre armoire renfermait des vases de cuivre et un pot en bronze : ils furent tous partiellement fondus ou percés. Le plomb de l'encadrement des vitres fut en partie fondu. D'autres vases, assez voisins de ceux qui furent si fortement atteints par le courant fulminique, restaient ou intacts, ou à peine érodés.

Les vases de terre ou de porcelaine restèrent intacts, une assiette de porcelaine déjà fendue fut brisée.

Le feu prit en deux endroits dans la maison, et s'éteignit spontanément. Trois personnes se trouvaient dans la cuisine quand la foudre y tomba, aucune d'elles ne fut sérieusement atteinte; une des deux servantes fut jetée à terre sans connaisance, revint bientôt à elle, et fut rétablie complétement après deux jours de séjour au lit.

On a eu l'occasion de signaler *la perforation alternative de plusieurs lames métalliques superposées ;* en 1764, on observa à Évreux une pile d'assiettes d'étain alternativement percées; une assiette restait intacte entre deux autres perforées. Ce fait singulier a été communiqué à Sage par son ami le docteur Ruault.

Le conducteur du paratonnerre du magasin à poudre de Bayonne, frappé de la foudre en 1828, était horizontalement soutenu au-dessus du sol par cinq poteaux en bois dont l'extrémité supérieure était coiffée d'une calotte de plomb. La lame qui recouvrait le premier poteau et les deux clous qui la fixaient furent arrachés. Des déchirures, des trous existaient sur les autres lames de plomb, et il est remarquable que dans toutes ces ouvertures, le plomb était rebroussé de bas en haut, ce que nous aurons à signaler plusieurs fois sur les vêtements et surtout sur les chapeaux des hommes. Dans d'autres observations les rebarbes étaient tantôt d'un côté, tantôt de l'autre.

Le 3 juillet 1821, la foudre tomba à Genève sur une maison située près du temple Saint-Gervais. Le professeur Pictet remarqua sur les feuilles de fer-blanc qui revêtaient l'arête du toit, près de la cheminée, des marques évidentes de fusion, et plusieurs trous comme si le torrent électrique se fût ramifié et que chaque branche eût produit un effet particulier. Une feuille de fer-blanc neuf, qui se repliait dans l'angle du toit avec la cheminée, offrait deux trous à peu près circulaires de 3 centimètres de diamètre, distants de 13 centimètres environ, et dont les bavures étaient dirigées en sens opposé.

En août 1777, la foudre frappa le clocher de l'église du

Saint-Sépulcre, à Crémone, rompit la barre de fer, de 2 pouces de circonférence environ, qui supportait la croix et la girouette, et lança celle-ci à quarante pas. Cette girouette, en cuivre étamé, était revêtue d'une couche de peinture à l'huile et au blanc de céruse. Son épaisseur était d'une ligne environ à son bord adhérent, et moindre à son bord libre. On s'accorda à admettre qu'un seul coup de foudre l'avait atteinte, et néanmoins elle était percée de dix-huit trous; neuf faisaient saillie dans un sens, et les neuf autres avaient leurs bavures dirigées en sens contraire. L'axe de ces trous était oblique au plan de la girouette : il semblait que deux groupes de rayons électriques, dirigés en sens contraire, avaient frappé simultanément la girouette. Les bavures de ces trous n'avaient pas moins de 5 lignes, quelques-unes atteignaient 9 lignes, formant ainsi des cônes tronqués; elles présentaient toutes une légère courbure en forme de volute, à l'exception d'un trou qui avait ses bavures perpendiculaires au plan de la girouette. En ramenant les bords sur les trous, on ne parvenait pas à les combler, ce qui montre qu'il y avait eu perte de substance. On voyait d'ailleurs autour de tous ces trous des traces manifestes de l'étamage ou de la peinture, en quelques endroits le cuivre paraissait à nu; vers un angle, on distinguait deux grosses gouttes de cuivre pur et fondu, enfin l'une des bavures était rabattue et soudée sur le plan de la lame.

Il est bien manifeste, par l'uniformité même des lésions, qu'un seul coup de foudre a produit ces dix-huit trous; il existe encore bien des observations de ce genre que nous ne pouvons relater ici (1).

Si nous considérons maintenant les effets correspondants de l'étincelle des machines, nous la voyons douée aussi d'une puissance considérable : Franklin perça une main de papier de quarante-huit feuilles. Quand une carte est percée par l'étincelle électrique, le trou offre des bavures des deux côtés, et il est toujours du côté de la pointe négative quand les deux

(1) Voir pour plus amples développements : *Giornale di Configliachi et Brugnatelli*, p. 535 (1827).

pointes ne sont point vis-à-vis l'une de l'autre, ce qui tient à l'inégale pression que les deux électricités éprouvent de la part de l'air. Quelquefois le bourrelet du côté positif est si peu marqué que quelques auteurs ont cru qu'il n'y avait de bavures que du côté négatif. (Voir sur ce sujet : John Gough, *Remarks on the perforations made in paper by electrical batteries* (1).

Qu'arrive-t-il, quant à la direction des rebarbes, quand deux trous se forment sur la même lame?

Si l'on place verticalement entre deux tiges de laiton horizontales, isolées, terminées par un bouton et éloignées d'un pouce ou deux, une feuille d'étain bien mince, et si l'on fait passer d'une tige à l'autre la décharge d'une forte batterie électrique, la lame d'étain se trouvera percée de deux trous dont les bavures seront en sens contraire. Il faut pour réussir avoir recours à une lame bien mince et à une forte décharge (2).

M. Osann dit que la comparaison des deux ouvertures produites sur la feuille d'étain montre que celles qui sont dues à l'étincelle positive sont plus grandes que celles qui sont dues à la négative; c'est à ce point qu'il peut n'y avoir qu'un refoulement du métal du côté négatif, et un trou véritable du côté positif.

D'ailleurs on sait que, dans l'expérience du perce-carte, le trou présente des bavures sur les deux faces de la carte, comme s'il y avait une explosion intérieure. Lorsqu'on perce la carte, non pas perpendiculairement à l'axe des deux pointes, mais obliquement ou presque parallèlement, on remarque que dans l'une le trou est beaucoup plus près de la pointe positive que de l'autre. La différence des distances disparaît dans le vide approché.

D'après quelques physiciens, les bavures des deux côtés d'une lame percée par l'étincelle s'expliqueraient par l'existence de deux courants opposés qui se rencontreraient au milieu de la lame.

Mais on peut aussi et préférablement s'appuyer sur les considérations suivantes : si l'on dispose l'excitateur de ma-

(1) Nichols., *J.*, XXXII, p. 176 (1812), et Sigaud, *Phénom. électriq.*, 331.
(2) Molle, *Ann. gén. des sc. phys.*, VI, p. 48 (1820).

nière que ses boules se trouvent immédiatement au-dessus d'une surface d'eau, et que, après avoir mis l'une des boules en communication avec l'armure extérieure d'une bouteille chargée, on approche de l'autre le bouton de cette bouteille, on voit, déjà avant que l'étincelle éclate, l'eau se soulever au-dessous de la boule positive et se mouvoir en divers sens par l'effet que cette boule exerce. On observe aussi le même mouvement au-dessous de la boule négative, mais il est plus faible.

Quand on répand de la fleur de soufre ou du minium sur une plaque de verre, on peut pareillement les attirer plus fortement avec la boule positive qu'avec la boule négative.

Il résulte de ces expériences que les bavures peuvent être regardées comme produites par l'attraction qu'exercent l'une sur l'autre les deux électricités avant leur passage.

Transport des métaux. — Le transport des métaux est un des phénomènes les plus curieux de la fulguration. Tantôt la foudre agit pour transporter en masse des objets métalliques; tantôt elle les volatilise en partie sous la forme de couches minces ou de dessins remarquables. Ce transport peut avoir lieu sur la même masse métallique ou sur des objets différents qui l'avoisinent, mais dans quelques cas il s'effectue à une distance assez considérable.

A. Nous ne rapporterons pas ici tous les nombreux exemples de transport de clous, boutons de porte, instruments domestiques qui furent l'objet d'un transport en masse par la foudre : ces cas sont des plus vulgaires.

Le 24 septembre 1824, la foudre pénétra dans une maison de Campbeltown ; les clous en cuivre des chaises furent enlevés très-exactement sans que l'étoffe fût endommagée; les uns furent transportés dans le coin d'une caisse placée à l'extrémité opposée de la chambre, d'autres fixés sur ses parois si solidement qu'on eut beaucoup de peine à les en arracher (Howard).

M. Dareste de la Chavanne a vu, aux environs de Marseille, la foudre pénétrer le soir dans un salon, e
clous d'un canapé recouvert en satin, et repartir par le

tuyau de cheminée qui lui avait donné entrée. Les clous avaient disparu, ce n'est que deux ans après qu'on les retrouva sous une tuile.

B. D'autres fois c'est un transport d'un métal en fusion.

On a vu, le 28 mai 1798, à Tanneeke, du mercure provenant d'un baromètre brisé par la foudre transporté dans une autre chambre, dans des pots placés sur une planche.

La foudre tomba, le 26 juillet 1786, sur le toit de l'église de Wachenheim, et rencontra du plomb sur son trajet. Avant de se perdre dans le sol, elle perça le bas d'un mur d'un pied et demi, et y fit un trou de cinq pouces environ de diamètre. On trouva sur les parois de cette ouverture du plomb si fortement incrusté qu'on ne réussit à l'enlever qu'à l'aide de leviers ; ce plomb avait-il été fondu? (Hemmer.)

Le professeur Pleischl (1) rapporte que le 4 juin 1797, la foudre tomba sur le clocher de Philippshofen, en Bohême, enleva l'or du cadran, et le déposa sur le plomb de la fenêtre de la chapelle qui fut ainsi doré dans une assez grande partie de son étendue sans être aucunement altéré. Un morceau de ce plomb existe dans le laboratoire de Prague. Le professeur Freysmuth cite le même fait : il dit posséder un morceau de ce plomb recouvert d'une couche d'or (2).

En 1761, la foudre pénétra dans l'église du collége académique de Vienne; un de ses rayons enleva l'or de la corniche d'une colonne de l'autel et le déposa sur une burette en argent (Mako).

Un homme fut gravement blessé par la foudre en 1783, en Dauphiné; les coulants d'or de sa bourse furent en partie fondus et le métal transporté sur une des boucles de ses souliers sous forme de perles parfaitement sphériques (de la Prade) (3).

Dans d'autres cas, le métal enlevé est déposé à l'état d'oxyde sur les corps, métalliques ou non, qui l'avoisinent.

Le 9 août 1831, la foudre frappa une maison à Schio, près

(1) Kastner's, *Arch*. IV, p. 188 (1823).
(2) Gilbert's, *Ann.*, LVIII, p 102 (1818).
(3) Voir sur ce sujet : Toaldo, *Ephem. soc. meteor. Palatinæ*, A, p. 574 (1783).

de Vicence; un fil de cuivre, observé par M. Fusinieri, portait à ses deux extrémités l'empreinte de l'action électrique, consistant en couleurs des plus variées, résultant de lames minces d'oxydes. Il y avait eu transport et oxydation du fil sur le fil lui-même.

On a vu l'amalgame des glaces transporté, présenter des dessins élégants sur une feuille de papier, mais il serait imprudent d'affirmer sur le seul aspect qu'il y avait oxydation de la matière (1).

Soudure. — Il n'est pas rare que la foudre soude entre eux des métaux ou des objets métalliques. Des chaînons, par exemple, sont soudés et la chaîne devient rigide. Ainsi :

Lorsque, le 20 avril 1807, la foudre atteignit le moulin à vent de Great-Marton, dans le Lancashire, on vit que les anneaux d'une grosse chaîne en fer, qui servait à hisser le blé, s'étaient soudés, de manière que la chaîne était devenue une véritable barre de fer. Doit-on admettre que les anneaux s'étaient ramollis dans toute leur épaisseur? Nous ne le pensons pas; nous ne voyons ici qu'une soudure peut-être superficielle des anneaux entre eux.

Un phénomène semblable s'est représenté en 1829, au moulin à vent de Toothill (Essex). Les anneaux d'une chaîne en fer qui servait à monter les sacs de blé se trouvèrent soudés entre eux.

Le météore ayant pénétré dans l'atelier d'un serrurier-mécanicien, des limes, des burins, etc., suspendus au râtelier le long de la muraille, ont été soudés, par la virole en fer de leur manche, aux clous où ils touchaient, de manière à ne pouvoir être arrachés sans effort (l'abbé Chapsal).

Parmi les autres nombreux exemples de soudure que nous pourrions citer, nous consignons les suivants :

Après le coup de foudre qui, le 5 avril 1807, frappa la maison de garde du bois du Vésinet, près de Saint-Germain, on trouva une clef soudée par son anneau au clou auquel on l'avait suspendue.

(1) Voir *Effets généraux de la foudre. Transport par action directe, etc.*, p. 227.

La foudre qui pénétra dans la caserne de Fougères rencontra des brides suspendues à des montants en bois ; elle fondit les mors, au point de les souder ensemble, d'ailleurs sans endommager le cuir (Blondeau).

Le 16 juillet 1750, la foudre pénétra dans une maison à Dorkin, canton de Sussex. Elle rencontra des clous, des clavettes et divers autres petits objets en fer qui furent soudés ensemble en groupes de six, sept, huit ou dix, comme si on les eût jetés dans un métal en fusion (W. Chilld).

Incrustation. — Nous rapprochons de la soudure des métaux leur incrustation dans la porcelaine, la pierre.....

L'abbé Richard à vu les globules d'un fil de fer de sonnette, qui étaient tombés dans une tasse à café en porcelaine, faire corps avec cette porcelaine, sans qu'elle en fût autrement altérée.

Vaporisation des métaux. — Voici les résultats des recherches de Van-Marum sur l'action de l'étincelle des machines :

Le plomb est facile à oxyder, surtout quand il est fondu ; l'oxyde se volatilise et s'élève en fumée épaisse qui forme fréquemment des dessins sur les objets environnants.

L'étain donne une fumée remplie de filaments d'oxydes et de globules rouges qui retombent plusieurs fois et laissent sur le papier des traces de couleur jaune. Ces filaments sont constitués par de l'oxyde d'étain.

Le fer semble plus disposé à se fondre qu'à s'oxyder ; le cuivre se fond plus facilement que le fer, mais il s'oxyde encore plus difficilement. Le laiton s'oxyde généralement bien plus facilement que le cuivre pur. L'argent donne un dépôt gris ou brunâtre. L'or donne un dépôt pourpre, il se réduit en globules ; il est probable que le dépôt rouge est de l'or divisé et non pas de l'or oxydé.

On a bien des fois observé des effets de transport métallique et d'oxydes dus à l'action de la foudre, sur les murs, sur les étoffes, sur les individus et même et surtout sur les métaux eux-mêmes. Nous en avons de nombreux exemples à signaler.

Effets lumineux et acoustiques. — On a fréquemment observé des apparences lumineuses en même temps que la fusion et la volatilisation des métaux. Mais quand le conducteur métallique est suffisamment gros et continu, la foudre le suit sans lumière et sans bruit.

Dans quelques cas, c'est au contraire sous la forme d'une lueur, d'une traînée de feu, d'un torrent d'étincelles ou d'une boule de feu que la foudre apparaît sur les conducteurs métalliques : elle produit en même temps un bruissement plus ou moins intense (voir plus loin la relation de la chute de la foudre sur le *Saint-Louis*) (1).

Si le conducteur métallique est interrompu, la foudre fait explosion à chaque solution de continuité, il y a détonations, craquements, étincelles ; le métal subit en ces points des effets de torsion, de fusion..... On observe quelquefois une lumière rayonnante produite peut-être par l'inflamation des particules métalliques projetées dans l'air (2).

Incandescence. — L'incandescence des fils métalliques par le passage de la foudre a été souvent observée : elle suit probablement les mêmes lois que celle due à l'action de l'étincelle des machines, c'est-à-dire qu'elle est indépendante de la longueur du fil et proportionnelle à la 4e puissance de son diamètre.

Aimantation. — Un des effets les plus remarquables de la foudre est la polarité magnétique qu'elle communique au fer et à l'acier. Prouvons d'abord par un certain nombre de faits la réalité de ce phénomène.

A. L'aimantation affecte quelquefois les divers *objets de fer ou d'acier portés par des individus* atteints directement par la foudre ou seulement influencés par le météore. Cette aimantation aura dès lors une certaine valeur en médecine légale pour l'appréciation de la cause de la mort.

(1) *Comptes rendus*, t. LXI, p. 1080 (1860).

(2) Voir sur ce sujet : Van Marum, *Expériences pour imiter l'électricité rayonnante que l'on a remarquée sur des conducteurs atteints par la foudre.* Gilbert's, *Ann.*, t. I, p. 109 (1799).

Lentin a trouvé sur un homme tué par la foudre, un couteau et un clou doués de propriétés magnétiques.

Six semaines après avoir été frappé, le docteur Brillouët s'aperçut que ses ciseaux étaient fortement aimantés; il en était de même de ses lancettes, des chapes de ses boucles, de son couteau de chasse et de tout ce qu'il avait de fer sur lui. Les fers de devant de son cheval possédaient la même vertu; les ciseaux enlevaient un poids de trois gros et demi et les lancettes six grosses aiguilles à coudre. Les ustensiles de fer que portait un cultivateur atteint du même coup de foudre aux côtés de Brillouët, étaient aussi fortement magnétiques; nous citerons bientôt quelques cas analogues observés à bord des navires.

Deux paires de ciseaux placées dans une boîte à ouvrage sur le siége de la voiture sur laquelle fut blessée madame Boddington, furent trouvées aimantées deux mois après l'événement.

Un tailleur atteint par la foudre, mais très-légèrement, puisqu'il ne ressentit aucune commotion, trouva le lendemain ses aiguilles aimantées, elles ne sortaient de leur étui qu'en adhérant fortement les unes aux autres. A vingt pieds environ du tuyau de fer-blanc par lequel la foudre avait pénétré, se trouvaient, sur une cheminée, cinq autres aiguilles qui furent pareillement aimantées.

Il faut bien remarquer que la plupart des objets d'acier soumis à un frottement, ciseaux, plumes, couteaux, sont doués d'une puissance magnétique très-appréciable, mais qui ne saurait atteindre le degré d'énergie que leur donne la foudre. L'aimantation des pièces de fer non écrouies par un travail quelconque est surtout remarquable. Nous reviendrons plus loin sur l'aimantation des pièces d'horlogerie.

B. L'aimantation à bord des navires est aussi fréquente que remarquable.

Le 4 mai 1843, le navire *la Vigie* fut foudroyé deux fois à cinq minutes d'intervalle, près de l'île des Princes, dans le golfe de Guinée. Le commandant, M. Leps, constata bientôt après que plusieurs couteaux des matelots étaient aimantés. Toutes les armes dans la dunette, ainsi que la barre en fer-

du gouvernail, étaient aussi aimantées : les boussoles étaient gravement altérées.

Des plumes métalliques, des aiguilles à coudre des marins du *Saint-Louis* étaient toutes aimantées, bien que les boussoles n'eussent subi aucune altération.

Le navire le *New-York* fut frappé à deux reprises à peu d'intervalle, et quatre semaines après, le capitaine Scoresby constata que de nombreux objets de fer et d'acier avaient acquis la vertu magnétique. (Voir : *Navires, Chronomètres*).

Les clous des cloisons, les ferrures des mâts, l'un des cercles du grand mât, des clefs, avaient acquis une puissance magnétique assez considérable.

Examinant ensuite les objets d'acier, le capitaine Scoresby put constater que les couteaux étaient doués d'une remarquable puissance magnétique ; les pointes d'acier des compas pouvaient soulever des poids assez considérables.

Les instruments de charpente, tarière, ciseaux, étaient magnétiques et possédaient deux pôles bien distincts, le pôle sud à l'extrémité inférieure, contrairement au magnétisme ordinaire des outils.

La chaîne du paratonnerre offrait un pôle sud à son extrémité inférieure, et le pôle nord à l'extrémité supérieure, contrairement à la plus grande partie du fer vertical du bâtiment qui était magnétique conformément à sa position (le pôle nord en bas).

C. Les ferrures des maisons, des édifices, ont offert des signes de polarité plus ou moins marqués. L'aimantation fulminique a surtout été constatée dans les ateliers de cordonniers, d'horlogers, de serruriers, de mécaniciens.

Le 24 août 1842, la foudre tomba à Ille sur l'habitation d'un serrurier mécanicien ; un de ses rayons suivit un râtelier d'outils ; les limes, burins, scies à manche furent soudés au râtelier par la virole de leur manche, si solidement qu'il fallut recourir à la force pour les arracher.

L'abbé Chapsal fut fort étonné de ne trouver aucun indice d'aimantation dans les outils suspendus à ce râtelier, ce qu'il attribua à ce qu'aucun de ces instruments n'avait eu la position indiquée par Arago. En poursuivant ses recher-

ches, il trouva sur le sol, dans un tiroir, de vieux outils que la foudre avait atteints ; plusieurs d'entre eux étaient très-bien aimantés, même parmi ceux de fer doux ; il trouva même un ou deux de ces instruments capables de soulever trois fois leur poids.

L'abbé Chapsal continuant son examen, put s'assurer que de morceaux de fer et d'acier de toutes dimensions, jetés à terre çà et là, étaient fortement aimantés ; les pièces sphériques ou cubiques n'ont pas paru posséder ce pouvoir magnétique. Un certain nombre de pièces de fer portaient des traces du passage de la foudre, mais d'autres, sur lesquelles on n'en pouvait distinguer aucune, n'étaient pas moins bien aimantées.

Comme dans l'aimantation artificielle, les barres présentaient des pôles à une petite distance, très-variable, des extrémités des tiges. Des barreaux d'acier qui ne portaient aucune trace du passage du courant qui avait passé à 50 centimètres d'eux, offraient une aimantation très-prononcée. Des couverts de table, récemment étamés, n'offraient au contraire aucun pouvoir magnétique, bien qu'ils portassent manifestement les traces du passage de la foudre.

L'abbé Chapsal fait remarquer que tous les instruments et barreaux aimantés étaient placés horizontalement et la plupart dans la direction du sud au nord. « Parmi les barreaux aimantés que j'ai recueillis, dit cet observateur, le plus long a 40 cent.; sur cette longueur 14 cent. sont aimantés du pôle sud et 26 du pôle nord, avec la différence que l'aimantation des 26 cent. va en diminuant jusqu'à l'extrémité du barreau où elle finit par s'oblitérer entièrement. Ce barreau en forme de lame a été frappé par deux étincelles. Cet affaiblissement ou défaut d'aimantation à l'une des extrémités de la tige se retrouve quelquefois sur des barreaux de 12 centimètres. »

Des plaques d'acier ont été aimantées transversalement dans le sens des angles opposés. Un barreau d'acier de 9 cent. de longueur offre une double aimantation ; les pôles sud sont au centre ; ce barreau porte trois étincelles. D'autres barreaux offraient des pôles plus nombreux encore, irrégu-

lièrement répartis. Ces irrégularités d'aimantation peuvent être dues aux variétés de positions de ces barreaux par rapport au courant magnétique terrestre et à leurs dispositions respectives entre elles et d'autres fers quand la foudre les a frappés.

Nous avons vu que la polarisation magnétique pouvait être le résultat de l'action directe de la foudre ou celui de son action par influence. L'oxydation profonde du fer n'a pas paru empêcher la polarisation; cela pourrait expliquer comment des briques ont pu à la longue présenter des phénomènes de polarisation magnétique, quand la foudre revivifie à l'état métallique l'oxyde de fer qu'elles renferment en plus ou moins grande proportion. Voir, sur ce sujet, Beccaria (1).

L'aimantation due à la foudre peut n'avoir qu'une durée très-limitée, surtout avec le fer, mais avec l'acier on peut la voir persister un temps considérable. On a vu l'aimantation d'une pièce d'acier d'une montre persister au bout de vingt-sept ans.

Il est bien digne de remarque que la polarité naturelle des barres placées verticalement est invariablement la même par rapport au grand courant magnétique, le pôle sud étant à l'extrémité supérieure; tandis que si les tiges sont horizontales dans la direction du sud au nord, le pôle sud est au midi et le pôle nord au septentrion; or, nous avons eu à faire remarquer que la polarité des barres aimantées par la foudre était ordinairement le contraire de celle que nous venons de dire.

Attraction entre deux métaux en contact. — Quand l'étincelle fulminique éclate entre deux métaux au contact, loin de les repousser, elle les attire l'un sur l'autre, y produit des empreintes dues à la violence du choc, ou les soude plus ou moins complétement après les avoir rapprochés.

Deux tiges de laiton cylindriques, de 4 millimètres de diamètre, se trouvaient placées sur un plan horizontal;

(1) *Journ. de phys.*, t. IX, p. 14 (1777); Robert Boyle, *Expér. et observ. phys.*, Londres, 1691; Romme, *Journal de phys.*, t. X, p. 14 (1777).

quand la foudre les eut frappées, elles offrirent des empreintes allongées et aplaties qui indiquaient que ces deux pièces avaient subi une forte pression au moment de la fusion partielle. L'abbé Chapsal, dans l'événement d'Ille, a observé plusieurs faits de ce genre.

Coloration. — Par suite du passage de la foudre, les métaux sont transportés parfois en lames minces qui produisent de magnifiques effets d'irisation. Souvent la matière est oxydée, soit sur place, soit après avoir subi un transport; on peut observer ces magnifiques et éclatantes couleurs, et les varier par une obliquité plus ou moins grande.

Oxydation et altérations chimiques. — Nous avons eu plus d'une fois déjà l'occasion de signaler la fréquente oxydation du fer, du plomb, du cuivre et même leur sulfuration.

Fréquemment aussi on observe la facile *friabilité* des tiges métalliques traversées par la foudre. On a eu à constater cette friabilité excessive sur des tiges de paratonnerre, des fils de sonnettes, et sur un grand nombre d'autres objets.

Cette friabilité serait-elle due à l'action spéciale du courant ? M. de la Rive a pu constater que l'état moléculaire d'un conducteur métallique sans solution de continuité, simple ou composé, se trouve complétement désagrégé quand l'action se prolonge beaucoup. C'est ainsi qu'en voulant éviter les étincelles qui se produisent quelquefois dans les horloges électriques, par suite d'une solution de continuité dans les conducteurs, on avait ajouté au mécanisme une petite plaque de platine chargée de transmettre le courant d'une manière indépendante; au bout de trois mois seulement le platine était désagrégé (1).

On sait d'ailleurs que des chocs continus, des vibrations longtemps prolongées, des alternatives longtemps répétées de l'action de la chaleur et du froid rendent les métaux très-friables, de là la casse des essieux de wagons au bout de

(1) *Acad. des sc.* (7 avril 1856).

quelques mois à quelques années de services, la plus facile rupture des câbles des ponts suspendus, des arbres de machines à vapeur.

Dans d'autres cas, la foudre a rendu le métal plus flexible. Duntze rapporte que le conducteur en plaques de cuivre du clocher de Rembert à Brême ayant été parcouru par la foudre en 1783, on aurait remarqué que les 14 pieds situés au-dessus du sol et dans toute la partie enterrée, le métal avait subi les effets du *recuit*, et offrait une très-grande flexibilité. Ce résultat était dû probablement à l'échauffement momentané du fil (1).

Ablation de la rouille. — La foudre a fréquemment enlevé l'oxyde qui recouvrait les pièces métalliques qu'elle avait atteintes, et laissé sur leur surface un bel éclat métallique. Des clous, des boulets, la chaîne en cuivre du paratonnerre de Gênes furent dépouillés de l'oxyde qui les recouvrait par la foudre; il semble qu'il y ait dans ces cas-là une action mécanique plutôt qu'une réduction chimique, car on n'a pu retrouver l'oxyde à quelque distance de la pièce dépouillée, dans le plus grand nombre des cas.

Ramollissement, commencement de fusion. — La foudre échauffe, ramollit, tord les tiges métalliques qu'elle traverse. La pointe en cuivre doré du paratonnerre de l'île d'Amagria, longue de 12 pouces, fut ployée à angle droit, vers le milieu de sa longueur.

Le 25 janvier 1757, la foudre tomba sur le clocher de Lestwithiel (Cornouailles); une barre de fer qui soutenait la cloche de l'horloge fut si fortement ployée qu'il s'en fallut de plus de 2 pouces que le marteau pût toucher la cloche (T. Smeaton).

Fusion. — 1° *Degré de fusibilité des différents métaux.* L'observation a prouvé que le platine de la pointe des paratonnerres, l'or, l'argent, le cuivre, le fer, le plomb, les

(1) Reimar., *Neuer Bemerk*, p. 117.

alliages usuels avaient été fondus par la foudre, mais il est impossible de déduire de là leur plus ou moins grande résistance à la fusion par l'étincelle fulminique.

Priestley avait remarqué qu'en faisant passer une forte décharge électrique à travers deux fils métalliques liés bout à bout, de même longueur et de même diamètre, mais de nature différente, l'un d'eux seulement était fondu et dispersé, et c'était toujours le moins conducteur des deux. Ainsi, de deux fils, l'un de fer, l'autre de cuivre, c'est le fer qui est dispersé totalement par l'explosion, tandis que le cuivre reste intact. Si l'on opérait sur un fil de cuivre et sur un fil d'argent, le fil de cuivre serait le fil dispersé.

Van Marum (1) fit passer la décharge de la machine dans des fils de 1/32 de pouce de diamètre.

Le fil de plomb fut fondu sur une longueur de		120	pouces.
— d'étain	—	120	—
— de fer	—	5	—
— d'or	—	3 1/2	
— d'argent	—	1/4	
— de cuivre et de laiton	—	1/4	

Ce résultat diffère de celui qu'aurait pu faire soupçonner la fusibilité de ces métaux par le feu : le fer, par exemple, étant plus facilement fondu par l'électricité que le cuivre ; mais il faut tenir compte de l'action de l'oxygène de l'air et de la chaleur qui résulte de la combinaison de l'oxygène avec le fer.

2° *Des plus grandes épaisseurs de masses métalliques que la foudre ait fondues.* — Nous ne pouvons malheureusement apporter à la solution de cette importante question pratique qu'un petit nombre de faits, les observateurs ayant le plus ordinairement négligé de donner à leurs relations toute la précision désirable. Examinons, sous ce rapport, le cuivre, le fer et le plomb.

A. Fils et tiges de fer. — Le coup de foudre qui frappa, en 1754, le clocher de la ville de Newbourg, aux États-Unis, et y causa de terribles ravages, suivit un *fil de fer* qui unissait le marteau de la cloche à l'horloge, située beaucoup plus

(1) Continuation des expériences électriques faites au moyen de la machine Teylérienne à Harlem. Analyse dans le *Journal de Rozier*.

bas. Le fil, de la grosseur d'une *aiguille à tricoter* et de 6 mètres de longueur, fut réduit en fumée, à l'exception d'un bout de 5 centimètres qui, après l'accident, pendait encore à la queue du marteau, et d'un autre bout de même étendue qu'on trouva attaché à l'horloge.

Le 27 février 1782, la foudre atteignit la tour de Jacobi, à Rostock, et fondit, dans une partie de son étendue, un fil de l'horloge qui avait au moins 1/6 *de pouce d'épaisseur*. Le fil était sans doute en fer (Schadelook).

B. Fils et tiges en cuivre. — Le coup de foudre qui atteignit, en 1787, la maison de Franklin, à Philadelphie, y fondit presque entièrement une baguette conique de *cuivre* de 24 centimètres (9 pouces) de longueur, et de 8 millimètres de diamètre à sa base. Cette baguette surmontait une grosse barre de fer qui se prolongeait depuis le toit jusqu'au sol humide. Il n'en resta que fort peu attaché à cette barre de fer.

Dans l'été de 1760, la foudre tomba sur le paratonnerre de la maison de M. West, à Philadelphie. Il consistait, en haut, en une tige *de cuivre* d'un quart de pouce de diamètre et de 10 pouces de longueur, et d'une longue tige *en fer* d'un demi-pouce de diamètre, qui aboutissait à un piquet en fer fixé dans le sol. Après le coup, on trouva que 3 pouces de la tige de cuivre avaient été fondus; le métal fondu avait coulé sur la portion restante, lui formant une enveloppe irrégulière. La maison ne fut pas endommagée et le reste du conducteur demeura intact. — Ainsi une décharge qui a fondu une partie d'une tige de cuivre d'un quart de pouce de diamètre a respecté une tige en fer d'un demi-pouce de diamètre.

Le 26 janvier 1838, un coup de foudre atteignit le *Dublin*, à Rio-Janeiro. Le météore suivit un conducteur formé de longs chaînons *de cuivre*, ayant chacun 10 pouces de longueur et un quart de pouce de diamètre. — Le conducteur fut fondu en divers endroits et divisé ainsi en plusieurs parties, dont les unes tombèrent sur le pont, et dont les autres restèrent suspendues à la corde qui soutenait la chaîne de métal le long des agrès.

C. Tuyaux de plomb. — A bord du paquebot le *New-York* se trouvait un *tuyau de plomb* qui établissait une communication entre un réservoir situé tout juste au-dessous du pont et un cabinet de toilette. De ce point le tuyau se prolongeait obliquement en bas, traversait le flanc du navire au niveau de la ligne de flottaison. Or, après le premier coup de foudre qui atteignit ce navire, on reconnut que, dans deux ou trois endroits, le tuyau avait été fondu, quoiqu'il eût *près d'un demi-pouce d'épaisseur et 3 pouces de diamètre.* Il était séparé au point de jonction avec le réservoir et complétement fondu dans une autre partie. Vers l'extrémité extérieure, précisément à l'endroit où il entrait dans le flanc du navire, le tuyau partiellement fondu présentait, aux deux tiers de son diamètre, l'aspect d'un rayon de miel (Scoresby).

En résumé, la foudre a fondu, ou brisé et fondu en même temps : un fil de fer de la grosseur d'une aiguille à tricoter, un autre fil de fer de 2 lignes de diamètre. Elle a produit les mêmes effets sur une baguette *de cuivre* de 3 lignes et demie à sa base; sur une partie de tige de cuivre d'un quart de pouce d'épaisseur, et sur des chaînons de cuivre également d'un quart de pouce d'épaisseur.

La foudre a fondu un tuyau *de plomb* de près d'un demi-pouce d'épaisseur et de 3 pouces de diamètre.

3° *Épaisseurs qui résistent à la fusion.* — Il n'est pas moins important de connaître les épaisseurs de tels ou tels métaux qui ont résisté aux coups de foudre.

A. Fils et tiges en fer. — En juin 1828, un violent coup de foudre atteignit le clocher de l'église de Kingsbridge (Devonshire); elle fut reçue sur une tige *de fer* longue de 7 pieds et *d'un pouce de diamètre*, qui n'en éprouva pas la moindre altération. Mais, en quittant cette tige, la foudre endommagea très-gravement la tour.

Le 17 juin 1774, la foudre atteignit une maison à Tertenden et fut conduite par une barre de fer de *trois quarts de pouce carrés*, qui n'offrit aucune trace de son passage.

Une barre de fer d'un demi-pouce de diamètre, qui faisait partie du paratonnerre de la maison de West, a résisté

à un coup de foudre qui avait fondu une partie d'une tige de cuivre d'un quart de pouce d'épaisseur.

La relation suivante est précieuse, car elle montre qu'une tige de fer d'un demi-pouce de diamètre résista à un coup qui fondit ou brisa une chaîne qui n'avait environ que la moitié de cette dimension.

Après le premier coup de foudre qui atteignit le *New-York* le 19 avril 1827, à 5 heures et demie du matin, le capitaine Bennett, qui redoutait un second coup, fit hisser au sommet du grand mât une chaîne conductrice, et établit un paratonnerre ainsi composé : une baguette de fer d'environ 4 pieds de long et un demi-pouce de diamètre à sa base, se terminant au sommet en une pointe aiguë. De la base de cette baguette partait une chaîne en fer semblable, dit Arago, à celle des arpenteurs; consistant en fils de fer de 6 millimètres de diamètre, et d'environ 45 centimètres de long, façonnés en crochets à leurs deux bouts et unis par des anneaux intermédiaires. Cette chaîne allait obliquement de l'extrémité du grand mât de perroquet à la mer : sa longueur n'était certainement pas au-dessous de 40 mètres.

Vers 2 heures de l'après-midi, la foudre vint frapper ce paratonnerre ; elle fondit à la partie supérieure de la baguette un cône de 3 décimètres de long, de 6 millimètres de diamètre à sa base. Tout ce que l'on retrouva de la chaîne conductrice avait à peine 1 mètre de long; il en restait environ 8 centimètres à la base de la baguette ; on ne trouva sur le pont que deux crochets avec l'anneau intermédiaire complétement boursouflés, et un petit fragment de chaînon. Le pont était parsemé de globules ou de petits fragments de fer.

On peut affirmer qu'une partie de cette chaîne a été fondue, mais il est douteux de croire, avec Arago, que la chaîne tout entière a pu être fondue ; il est plus probable qu'elle a été en grande partie lancée dans la mer.

En septembre 1833, le vaisseau anglais le *Hyacinth* fut foudroyé dans l'océan Indien. Le grand mât de perroquet et le grand mât de hune furent littéralement réduits en une masse de lattes, au point de pouvoir à peine se maintenir.

Et cependant cette énorme décharge fut heureusement conduite, à partir de l'extrémité inférieure du mât de hune, par une chaîne en fer de 50 pieds de longueur, dont les chaînons avaient un demi-pouce de diamètre, et, à travers les flancs du bâtiment, par le tuyau en cuivre d'une pompe, tuyau qui avait 3 pouces de diamètre, et moins d'un dixième de pouce d'épaisseur. La chaîne de fer et le tuyau de cuivre ne présentèrent pas la moindre marque de fusion ni autre trace de chaleur. Insistons sur la violence de la foudre; elle avait détruit presque entièrement des mâts dans la longueur de près de 80 pieds; et le grand mât de hune en particulier, qui fut mis en pièces, avait 44 pieds de longueur, 14 pouces de diamètre, et pesait 1,200 livres (1).

B. Fils, tiges, tuyaux de cuivre. — Nous venons de montrer l'action conductrice d'un tuyau de cuivre du *Hyacinth*, nous allons y joindre d'autres exemples non moins remarquables.

Le *Rodney*, vaisseau de 80, fut foudroyé en décembre 1838; le coup fut si violent qu'il dispersa en petits fragments le mât de perroquet, arracha un morceau de 10 pieds de long au mât de hune, brisa 13 cercles du grand mât qui fut endommagé sur une longueur de 52 pieds. — Et pourtant cette décharge fut conduite sans effet de fusion le long d'un tuyau de cuivre de 16 pouces de longueur, de 10 pouces de diamètre et de moins d'un quart de pouce d'épaisseur : ce tuyau dépendait des agrès du mât de perroquet.

En 1822, une forte décharge frappa le vaisseau de S. M. B. le *Beagle*, à l'ancre à Montevideo, dans Rio de la Plata (Amérique du Sud). Le bâtiment était muni d'un conducteur en plaques de cuivre, de 3/16 de pouce d'épaisseur et d'un à 5 pouces de largeur incrusté dans le mât. Le conducteur aboutissait en haut à une tige de girouette d'un demi-pouce de diamètre et en cuivre. En bas, il se terminait dans la coque même du bâtiment. L'explosion fit trembler violemment le bâtiment et entoura le mât de flammes; et cependant elle n'altéra en rien le conducteur et ne causa aucun dommage au bâtiment.

(1) *Nautic magaz.*, XIII, p. 383.

En août 1841, le bâtiment de la marine royale anglaise, l'*Actéon*, de 26, pourvu de conducteurs semblables à ceux du *Beagle*, fut frappé à minuit devant la côte centrale d'Amérique et en fut violemment ébranlé. Le mât parut entouré de flammes; mais le conducteur et le bâtiment restèrent intacts.

Le coup de foudre qui atteignit le navire du capitaine *Cook*, dans la rade de Batavia, fut très-violent; car la secousse qu'il imprima fut comparée à un tremblement de terre; et cependant il n'occasionna aucun dommage appréciable, seulement le fil de cuivre de 5 millimètres de diamètre, qui s'étendait depuis le sommet du grand mât jusqu'à la mer, où il plongeait et qui conduisait la décharge électrique, parut un moment être tout en feu; mais il ne fut pas fondu.

« Le 10 décembre 1860, la foudre est tombée à bord du » vaisseau *le Saint-Louis*, en rade de Gaëte, à 1 heure » 25 minutes du soir. Le baromètre était alors à 748 milli- » mètres. La détonation a eu de l'analogie avec celle que pro- » duirait une forte décharge d'artillerie faite avec plusieurs » pièces de gros calibre. Aucun des compas du bord n'a subi » d'altérations.

» L'extrémité de la pointe en platine du paratonnerre du » grand mât a seule été fondue, sur une longueur que nous » ne pouvons préciser, parce que ses dimensions primitives » nous sont restées inconnues. Tout ce que nous savons à » ce sujet, c'est que la portion de la pointe en platine retrou- » vée après l'accident est encore d'une longueur de 22^{mm}, 5, » et qu'elle a 7^{mm}, 5 de diamètre à la base, et 4 millimètres » au sommet. Cette pointe était vissée par sa base sur la » tige en cuivre rouge du paratonnerre à laquelle on l'avait » ensuite soudée. Sa partie restée intacte a été projetée sur » le taud, où on l'a retrouvée un quart d'heure après l'évé- » nement. Son grand diamètre n'est point déformé, bien qu'on » distingue, sur la moitié de la surface de la base environ, » des traces de l'action comburante du fluide, ressemblant » assez à la désagrégation des molécules métalliques qu'on » remarque au sommet dévoré par le feu du ciel. Ce qui reste

» de la pointe en platine est une sorte de tronc de cône, à » laquelle on reconnaît très-bien le point de rupture de la » vis qui servait à l'assujettir à la tige du paratonnerre. Les » surfaces extérieures sont marbrées comme si elles avaient » été exposées longtemps à l'action de flammes sulfureuses, » et l'on y voit des parties violacées, ainsi que des dépôts de » matières noires, évidemment produits par la combustion.

» La manière dont s'est conservée la base du cône nous » paraît d'autant plus remarquable, que l'extrémité de la tige » du paratonnerre à laquelle cette base adhérait a été fondue » par le fluide électrique, ce que révélait non-seulement la » vue de cette tige, après l'accident, mais encore une goutte » de métal fondu, retrouvée incrustée dans la garniture en » cuivre du chouquet, qu'elle a perforée en y restant adhé- » rente.

» Cette garniture était en cuivre rouge à doublage, de » 2 millimètres d'épaisseur, et l'on a constaté qu'elle avait » été déclouée sur sa face la plus voisine de la tige du para- » tonnerre. L'ayant fait enlever pour l'examiner, nous avons » reconnu qu'à l'entour du trou creusé par la goutte de mé- » tal en fusion, et sur la partie de la plaque en contact avec » la tête du mât de hune, il existait de la fumée condensée » suffisamment pour laisser son empreinte sur le bout du » doigt, en la touchant.

» Il existait une maculation de ce genre sur une surface » courbe d'environ 70 millimètres de rayon ; elle nous a paru » provenir en partie de la combustion d'une couche de pein- » ture à l'huile dont cette feuille de cuivre avait été enduite. » Sur cette même face de la feuille, on distinguait encore » une empreinte noire, d'ailleurs moins épaisse que la pré- » cédente, et déposée sur la ligne de contact du métal avec » le conducteur qui entoure la tête du mât de hune, dont le » bois a été aussi légèrement noirci, à l'endroit où la goutte » de métal a traversé la feuille de cuivre, mais sans qu'il en » ait d'ailleurs éprouvé aucune altération sensible.

» La foudre ne paraît avoir produit d'autres dégâts à » l'intérieur du vaisseau que de faire sauter une petite por- » tion du soufflage en bois qui entoure l'étambraie du grand

» mât, dans le faux-pont, à l'endroit où son conducteur électrique se bifurque pour se rendre sur les ailes du navire.

» Au moment où la foudre éclata, plusieurs hommes se » trouvaient réunis dans le voisinage du grand panneau sur » le pont. L'un d'eux, un sergent d'armes, était assis près » de la cheminée en fer de la machine et du tuyau du four, » qui est en cuivre rouge. Une distance de 6m,20 le séparait » du conducteur électrique du grand mât, lorsqu'il ressentit » une violente commotion, qui lui causa une sensation telle » qu'il se crut atteint par un éclat d'obus. Sa pensée fut » qu'un projectile sarde venait de faire explosion au pied du » grand mât, ce qui s'explique d'ailleurs par ce seul fait que » nous assistions au siége de Gaëte. Ce sous-officier essaya » tout d'abord de se lever, mais force lui fut de se rasseoir im- » médiatement sous l'impression d'une commotion douloureuse » ressentie dans tous ses membres qui tremblèrent convulsi- » vement avec violence. Le haut de son corps se porta en » arrière, et il lui sembla qu'il perdait beaucoup de sang par » les organes qui avoisinent le bassin; ce ne fut qu'après » avoir défait ses vêtements pour s'examiner, qu'il cessa de » se croire blessé grièvement.

» Les hommes qui se trouvaient près de lui ont également » comparé à l'explosion d'un obus ce qu'ils ont vu au pied du » grand mât au moment de la décharge électrique.

» Dans la batterie haute, M. l'officier d'administration nous » a dit avoir aperçu, au moment de la détonation, une » flamme à reflet bleuâtre, d'environ 75 centimètres, au pied » du grand mât, et qui a disparu presque instantanément. » Dans la batterie basse, il s'est produit un phénomène » d'aspect différent. Nombre d'hommes travaillaient aux » câbles-chaînes; on venait de décapeler le tour de bitte de » l'ancre de bossoir de tribord, mouillée en veille pendant » la nuit précédente. Lorsque la foudre éclata, ces hommes » étaient rangés sur la verrine pour porter en arrière le mou » de la chaîne, afin de la garnir au cabestan. Au bruit de la » décharge électrique, tous cessèrent d'instinct d'agir sur la » verrine; le second maître qui les dirigeait se jeta vive- » ment de côté en voyant une traînée de flamme suivre les

» chaînes et disparaître presque aussitôt. Au même instant » le maître canonnier, qui se trouvait près des bittes, a vu » se jouer sur la tête de celle de l'ancre de bossoir de tribord, » qui est cylindrique et recouverte d'un chapeau arrondi en » fer très-bien fourbi, des flammes bleuâtres, vivement agi- » tées, parfaitement perceptibles à l'œil pendant une seconde » ou deux.

» Lorsque l'événement a eu lieu, cinq hommes travail- » laient dans la machine : trois d'entre eux, au nombre » desquels un second maître et un contre-maître mécaniciens, » ont déclaré avoir entendu une forte détonation à la suite » immédiate d'un grand éclair, et avoir vu une boule de feu » jaune clair arriver à tribord, au pied du grand mât, dont » l'emplanture, comme on le sait, repose sur une épontille » en fer forgé, qui elle-même traverse le parquet métallique » de la machine et porte sur la carlingue du vaisseau. Les » deux autres ont entendu le bruit prolongé de l'explosion et » distingué la lumière qu'elle a causée. Tous ont cru qu'un » obus avait éclaté dans la machine.

» Un matelot voilier se trouvait alors près du panneau de » la machine, dans le faux-pont. Il assure avoir aperçu très- » distinctement sortir du panneau une gerbe de feu à l'ins- » tant de l'explosion (1). »

La pointe en cuivre d'un paratonnerre fut fondue dans l'étendue de 2 pouces et demi ; au point où la fusion cessa, l'épaisseur de la tige était de 2 lignes.

Ainsi, quant *au fer*, des décharges foudroyantes n'ont pas fondu ni brisé des tiges de fer ou des chaînons du diamètre de :

1 pouce ;
3/4 de pouce ;
1/2 pouce (2 fois) ;
5 lignes.

De 3 lignes ou de la grosseur d'une forte plume d'oie.

Et même des fils de fer de 2 lignes 1/2, de 2 lignes ont résisté à certains coups de foudre.

(1) *Comptes rendus*, t. LXI. p. 1080 (1860). Rapport à M. Laporterie.

Quant au cuivre :

Des plaques de cuivre de 3/16 de pouce d'épaisseur, et de 1 pouce à 5 pouces de largeur — un tuyau de cuivre de 10 pouces de diamètre et de moins de 1/4 de pouce d'épaisseur — un tuyau de cuivre de trois pouces de diamètre et de moins de 1/10 de pouce d'épaisseur et même des tiges de cuivre de 5 millimètres de diamètre, n'ont été ni fondus ni déchirés par de violents coups de foudre.

Nous concluons qu'en donnant au conducteur en fer des paratonnerres un diamètre de 9 lignes et au conducteur en cuivre celui de 6 lignes, nous trouverons une quantité métallique suffisante pour conduire avec sûreté, sans dégât, les plus fortes décharges foudroyantes qui aient été observées jusqu'ici. Et en effet de pareils conducteurs ont maintes fois parfaitement rempli leurs fonctions.

« En sorte, dit M. Harris, qu'en passant en revue un grand nombre d'observations relatives à des édifices, à des maisons ou à des navires, frappés par la foudre dans différentes parties du monde et pendant un siècle, nous ne trouvons pas un seul cas de tige conductrice ou autre masse métallique égale en substance ou en pouvoir conducteur à une tige de cuivre d'un demi-pouce de diamètre et de 6 pouces de longueur qui ait été réellement fondue. — Au contraire, de fortes décharges ont traversé, sans causer de dégâts, des tiges de moindres dimensions.

» Nous pouvons en conséquence être assurés qu'une tige de cuivre de 3/4 de pouce de diamètre ou une égale quantité de cuivre sous toute autre forme résiste à l'effet calorique de n'importe quelle décharge foudroyante connue jusqu'à ce jour » (Harris).

4° *Métaux fondus sans altération des matières qui les touchent.* — Il n'est pas rare que les métaux frappés par la foudre entrent en fusion et que les substances qui les touchent restent intactes. Ce phénomène était connu des anciens. On a vu, dit Aristote, la cuivrure d'un bouclier se fondre sans que le bois qu'elle recouvrait fût endommagé (1).

(1) *Météor.*, liv. III, ch. I.

« L'argent se fond sans que la bourse soit endommagée, » dit Sénèque — l'épée se liquéfie dans le fourreau qui reste » entier. Le fer des javelots coule le long du bois qui de- » meure intact. »

Pline assure que « de l'or, du cuivre, de l'argent contenus » dans un sac peuvent être fondus par la foudre sans que » le sac soit brûlé, sans que la cire qui le ferme, empreinte » d'un cachet, ait été ramollie. »

Au château de Beauvoisin, à Clermont, le plomb des vitres coula en plusieurs endroits sans que le feu prît au bois du châssis.

Le fil de fer du chapeau d'une jeune personne fut fondu sans que le papier gris qui l'entourait fût brûlé.

Le météore fondit superficiellement plusieurs couteaux et fourchettes sans toucher à la toile d'emballage qui les recouvrait (Cookson).

Van Marum a constaté qu'en faisant passer l'étincelle de la machine électrique par un fil *de soie* recouvert d'or ou d'argent, le métal est volatilisé sans que la soie soit sensiblement altérée ; pourvu toutefois que la charge ne soit pas trop forte.

La foudre a souvent produit un effet analogue : ainsi :

Bertholon rapporte que la foudre étant tombée dans une église, on aperçut, entre autres phénomènes, des marques de fusion à une boucle de rideaux tirés devant un des autels et sans que le fil avec lequel elle était cousue fût brûlé.

Les galons d'argent d'un individu cité par Ebell furent fondus, volatilisés et la soie qui en faisait partie resta intacte.

M. Desarmery a observé le même phénomène sur les glands d'or et de soie d'une bourse qu'il portait, lorsqu'il fut atteint par la foudre.

Rosinus Lentilius rapporte qu'un boucher de Waldbourg fut très-gravement blessé par le météore qui fondit, dans sa bourse, une pièce d'argent, sans que la bourse fût endommagée.

Le même effet a été parfois constaté sur des lames et sur leurs fourreaux : en général, la pointe de la lame est fondue en globules, et le tranchant fortement émoussé et arrondi.

Attraction de la foudre par les métaux. — Les métaux, comme bons conducteurs de l'électricité, attirent la foudre. Cette attraction est démontrée par une quantité considérable de faits ; ainsi :

Lorsque la foudre frappe un bâtiment, lorsqu'elle pénètre dans une chambre, dans une cuisine, dans un atelier, elle se jette sur les métaux; de préférence au bois, à la pierre et autres métaux conducteurs.

Souvent elle se dévie pour atteindre des objets métalliques; et cette attraction paraît s'être exercée maintes fois à d'assez grandes distances. On a vu, par exemple, en 1817, près d'Édimbourg, le météore frapper un orme, puis sillonner le sol dans la direction d'une maison, y pénétrer et y tuer un homme. Or cette maison renfermait une grande quantité de fer. Nous citerons bientôt d'autres exemples analogues en parlant des bonds de la foudre. — Mais pour s'exercer à petite distance, cette attraction n'en est pas moins importante à signaler; nous verrons ainsi l'étincelle se diriger sur plusieurs individus et ne frapper que celui d'entre eux qui portait des objets métalliques.

La foudre atteint souvent des métaux cachés sous des corps mauvais conducteurs qu'elle brise ou perfore. Elle évite les matelas pour suivre le lit en fer, se détache des fenêtres pour suivre les tringles de fer des rideaux, ou le plomb des châssis ; on l'a vue perforer des murs épais pour atteindre des pièces métalliques placées derrière eux.

La présence d'objets métalliques amène fréquemment la réunion en un seul faisceau des rayons épars de la foudre, mais la multiplicité des objets peut tout aussi bien amener la division d'un rayon fulminique un peu considérable.

La foudre exécute des bonds, parfois considérables, pour atteindre des objets métalliques.

Le 4 août 1780, la foudre tomba sur l'église métropolitaine de Narbonne, pénétra dans l'intérieur par la longue chaîne d'une lampe, sauta de là sur une rampe de fer placée à 4 pieds 9 pouces de distance, et de cette rampe sur une grille (Bertholon).

La foudre frappa l'église de Brixton, le 24 avril 1842;

elle atteignit d'abord la croix du clocher, en parcourut la tige ; mais, arrivée à la maçonnerie qui la supportait, elle la mit en pièces ; puis elle se jeta 20 pieds plus bas, sur un second conducteur dont le support fut également brisé ; enfin, par un nouveau saut, elle atteignit un troisième conducteur placé à 12 pieds plus bas (Walker).

Le 15 septembre 1785, une maison d'Avignon fut foudroyée ; l'étincelle pénétra à travers la muraille sur les ferrements d'une porte insérée dans cette muraille ; puis d'un clou de cette porte, elle sauta à 12 ou 15 pouces sur le commencement de la balustrade en fer d'un escalier qu'elle suivit jusqu'au palier. Là, elle sauta sur une porte derrière laquelle se trouvaient des tringles en fer et la fendit ; quelques étincelles se jetèrent sur le balcon en fer d'une fenêtre s'ouvrant sur le palier (Guérin jeune).

Reimarus a cité un exemple de sauts horizontaux qui fut observé à Hambourg (1).

En résumé, l'attraction est d'autant plus forte que le métal qui l'exerce est meilleur conducteur, que la masse métallique est plus considérable, et qu'elle communique plus complétement avec le réservoir commun. L'attraction semble en raison inverse du carré des distances.

Conductibilité de la foudre par les métaux. — Les métaux sont des conducteurs presque parfaits ; ils occupent le premier rang parmi les corps conducteurs. Leur conductibilité est démontrée par un très-grand nombre de faits. Ainsi :

La foudre suit les lignes métalliques qui souvent s'étendent depuis le sommet du toit jusqu'au sol par les arêtes, les gouttières et les conduites verticales. — Elle suit les fils de fer ou de cuivre des sonnettes, des horloges, des télégraphes électriques ainsi que les rails des chemins de fer, la dorure des corniches, les galons d'or et d'argent des vêtements, et les conducteurs des paratonnerres. Lorsque sur un

(1) Voir encore : Edw. Delawal. *Trans. phil.*, t. LIV, p. 227 (1764).

bâtiment les métaux de la toiture et de la façade affectent une disposition symétrique, la foudre s'y partage également et y produit des effets symétriques. En suivant les corps métalliques, la foudre est souvent conduite bien loin de son point d'incidence. Aussi le météore parcourt des fils télégraphiques de plusieurs kilomètres ; dans un cas, il suivit un gros fil de fer qui, du bâtiment d'extraction d'une mine, pénétrait dans les galeries, et fit explosion à l'endroit où ce fil était interrompu, c'est-à-dire à 1,182 pieds (de Dresde) de son point d'incidence.

Les métaux présentent entre eux de grandes différences relativement à leur conductibilité pour l'électricité, ainsi que le montre le tableau suivant :

NOMS des MÉTAUX.	CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE d'après MM.		
	RIESS.	BECQUEREL.	LENTZ.
Argent.	100,00	100,00	100,00
Cuivre.	66,7	91,5	73,3
Or.	59,0	64,9	58,5
Laiton.	18,4	»	21,5
Étain.	10,0	14,0	22,6
Fer.	12,0	12,35	13,7
Plomb.	7,0	8,27	10,7
Platine.	10,5	7,93	10,3

M. Pouillet (1) a donné des résultats qui diffèrent un peu de ceux que nous venons d'énoncer ; il a surtout fait remarquer que la moindre quantité d'un métal étranger changeait considérablement la conductibilité. C'est ainsi que, d'après M. Pouillet, le cuivre pur a une conductibilité représentée par 3838, le platine par 855, et le laiton une conductibilité qui ne dépasse pas 900, le mercure ayant une conductibilité représentée par 100.

(1) *Traité de Phys. et de Météor.*, t. I, p. 607, 7e édit.

Le plomb étant pris pour unité, la conductibilité des autres métaux, d'après M. Harris, serait : Étain — 2
— fer — 2,4
— zinc — 4
— cuivre — 12

Un conducteur oxydé est beaucoup moins puissant que celui qui ne l'est pas, il court plus de risques d'être rompu par la décharge foudroyante. On a remarqué que l'élévation de la température des fils de fer et d'acier diminue considérablement leur conductibilité.

Le courant fulminique se dissémine dans toute l'étendue du conducteur métallique. Le pouvoir conducteur d'une tige est en raison directe de sa section; de là une plus grande condensation de l'électricité dans les parties étroites d'un conducteur, un échauffement plus considérable et des dangers plus grands de voir le conducteur fondu et brisé dans ces points.

Le pouvoir conducteur d'une tige ou d'un fil métallique est en raison inverse de sa longueur; c'est-à-dire que cette tige conduira d'autant moins bien qu'elle sera plus longue. Si donc elle est destinée à conduire au loin la matière, fulminique, il conviendra d'augmenter son épaisseur et mieux vaudra conduire la foudre au sol par le plus court chemin possible.

Le pouvoir conducteur d'une masse métallique n'est en aucune manière modifié par la *forme* donnée à cette masse. Qu'elle soit une tige arrondie ou carrée, une plaque ou une corde composée de plusieurs fils, son pouvoir conducteur sera le même; car cette masse conduit l'électricité par toutes ses particules. On pourra donc donner au conducteur des paratonnerres diverses formes, en prenant toutefois, s'il s'agit de cordes métalliques, les précautions destinées à rendre conducteur chaque fil de la corde.

Toutefois plus le conducteur aura de surface, moins grande sera pour lui l'intensité du courant, et moins violents seront aussi les effets *mécaniques* de la décharge. En augmentant la *surface* d'une masse métallique, on n'augmente donc pas sa force conductrice, mais on diminue l'intensité du choc et

son action mécanique. Il semble que dans une *tige* compacte, les particules électriques soient en quelque sorte pressées les unes contre les autres, tandis que dans une *lame* de quantité métallique équivalente, les particules électriques ont plus d'espace, un jeu plus facile et plus indépendant (Harris).

Une tige métallique conduira mieux si elle est libre que si elle est serrée entre des corps résistants et mauvais conducteurs, comme l'avait déjà montré Franklin.

Une *ligne* métallique n'est bien conductrice qu'à la condition d'être continue. Son pouvoir conducteur est d'autant moins grand qu'elle est plus souvent interrompue, que les interruptions sont plus longues, et que les corps intermédiaires, tels que l'air, le bois, la pierre, sont eux-mêmes moins bons conducteurs.

Pour être bonne conductrice une ligne métallique doit communiquer largement avec le réservoir commun.

Il résulte de tout ce qui précède que de deux lignes métalliques la foudre choisit et suit celle dont le métal est le meilleur conducteur, celle qui est la plus épaisse, la moins longue, la plus continue et qui communique le plus complétement avec le sol.

Lorsqu'une ligne métallique est formée de plusieurs espèces de métaux dont le pouvoir conducteur est différent, la foudre passe aisément de l'un à l'autre.

Pour un conducteur hétérogène, composé de métaux de différentes natures soudés bout à bout, l'intensité du courant reste la même dans tous les points du conducteur et la résistance totale est égale à la somme des résistances partielles.

Lorsqu'une ligne métallique, tout en conservant sa continuité, se divise et se subdivise en plusieurs branches, aboutissant toutes au réservoir commun, la foudre se divise et se subdivise aussi en plusieurs rayons dont chacun a nécessairement moins de puissance que la décharge totale. — On voit ainsi la foudre se diviser en suivant les arêtes, les gouttières, les conduites métalliques des bâtiments et s'affaiblir en gagnant le sol.

Si une ligne métallique continue est suffisamment puissante,

la foudre, en la suivant, ne lance pas d'*étincelles latérales* aux corps métalliques *voisins*, pourvu que ces corps soient *isolés*. C'est ainsi qu'on a vu la foudre suivre une tige métallique qui passait entre des cloches, sans se laisser attirer par ces énormes masses de métal.

Mais si ces corps métalliques voisins de la ligne conductrice communiquent avec le sol, il peut se faire que la foudre se divise et suive en partie ou peut-être même en totalité ces circuits additionnels.

La foudre peut quitter une ligne métallique dans sa longueur: 1° si l'extrémité inférieure de cette ligne est isolée et s'il existe près de là un conducteur même moins épais mais qui communique avec le réservoir commun; 2° si cette ligne est trop longue, fait de trop longs détours pour aboutir au sol et s'il existe tout près de là une autre ligne plus courte communiquant également avec le sol; 3° si la ligne est trop mince par rapport à la masse de la décharge foudroyante et surtout s'il existe auprès un conducteur de section plus forte.

Il importe enfin de remarquer que des fils métalliques peuvent être fondus, volatilisés par la foudre et lui servir cependant de conducteurs. C'est ainsi qu'on a vu le météore suivre des fils de sonnettes tout en les volatilisant. Le coup de foudre qui fut assez violent pour détruire et jeter au loin la charpente de 21 mètres de haut qui formait le sommet de la tour de Newbury, fut presque tout entier conduit, dans l'étendue verticale de 6 mètres, par un fil qui joignait le marteau de la cloche aux rouages de l'horloge. Il est vrai que, dans cette étendue, le fil fut fondu en plusieurs points; mais dans cette même étendue l'édifice resta parfaitement intact.

Effets de la foudre sur les cloches, les horloges, les pendules. — Les horloges des clochers sont assez fréquemment atteintes par la foudre.

A. Les cloches sont rarement frappées, parce que suspendues dans l'atmosphère, elles ne peuvent servir de conducteurs faciles à la foudre pour gagner le sol. Nos observations nous montrent une cloche cassée, peut-être indirectement par une

pierre détachée du clocher, et une autre cloche qui présenta un léger creux par fusion.

On a vu une cloche atteinte par la foudre ne présenter aucune lésion et pourtant son timbre était considérablement modifié, au point qu'on l'a crue fêlée (1).

Le 26 juillet 1786, la foudre frappa la tour de l'église de Wachenheim près de Mannheim, et les supports de la cloche furent tellement recouverts d'étain qu'on ne put plus la mettre en branle (Hemmer).

B. Les fils de fer et de cuivre et les chaînes qui font partie des horloges sont souvent fondus par la foudre ; on les voit fondus sur toute leur longueur ou en certains points seulements ; des scories sont à leur surface surtout aux extrémités des fragments. On a observé que la foudre suivait de préférence les chaînes et les fils non rouillés. Les exemples de ces faits sont très-communs.

C. La foudre fond quelquefois les rouages et les coussinets des horloges, mais dans d'autres cas elle leur fait subir une torsion énergique.

Le 17 juillet 1717, la foudre frappa le clocher d'Epperies (Hongrie), suivit le fil de fer qui fait communiquer les cloches avec le mouvement de l'horloge, brisa une roue de fer, se jeta sur l'aiguille du cadran et la tordit.

La foudre ayant frappé le petit clocher au-dessus du chœur de l'église d'Argenteuil avait fondu les plombs, dispersé les ardoises, puis s'était jetée sur le gros fil de fer, mi-parti tige continue, mi-parti chaîne, qui unit le marteau de la cloche servant de timbre au mouvement de l'horloge située à l'intérieur au sommet du chœur, et par l'intermédiaire duquel le mécanisme de la sonnerie frappe les heures : le fil a été fondu en grande partie et séparé en morceaux dont plusieurs sont terminés par des pointes aussi aiguës que celles que l'on pourrait produire avec une lime très-fine : l'horloge s'est arrêtée brusquement, mais ses rouages sont restés intacts. Du fil de fer vertical, la foudre semble s'être élancée sur une longue barre cylindrique de fer qui suit l'a-

(1) *Elect. mag.* — *Biblioth. univ.* — *L'Institut*, t. XV, p. 184).

rête médiane de la voûte sur toute la longueur du chœur. Il est probable que c'est dans ce changement de direction, dans le passage du fil vertical au fil ou tirant horizontal qu'une partie de la décharge s'est condensée pour s'échapper sous forme de boule et tomber sur le pavé. L'autre portion de la décharge, après avoir suivi le tirant et percé la voûte, est venu descendre au dehors par le tuyau de descente des eaux du toit; un homme aurait vu ce tuyau illuminé des couleurs de l'arc-en-ciel. Il est remarquable que la châsse en cuivre doré, du poids de 350 kilog., qui était élevée sur une estrade au milieu du chœur n'ait point été frappée par la foudre (1).

Le 25 janvier 1757, la foudre tomba sur le clocher de Lestwithiel (Cornwallis). Au sommet de la lanterne se trouvait une cloche destinée à sonner les heures: elle était suspendue à une barre de fer transversale, tenant elle-même à une poutre placée en travers de la tour. Or, la barre de fer fut ployée et la cloche abaissée au point qu'il s'en fallait de plus de deux pouces que le marteau ne pût la toucher.

Le fil de métal qui tirait le marteau disparut complétement. Les quatre cloches pour le service religieux étaient suspendues dans la partie carrée de la tour, au-dessous de la lanterne, superposées deux par deux; les roues de chacune d'elles étaient brisées en morceaux, ce que l'on ne saurait attribuer à la chute des pierres. Plusieurs autres pièces étaient tordues ou fondues. Enfin la muraille offrait un anneau ombré d'une couleur noire, comme si un pistolet chargé de poudre eût été tiré contre elle.

Les horloges de chambre ont été souvent notées dans les observations que nous possédons, mais le plus souvent on signale l'arrêt simple, que l'on pourrait attribuer, dans quelques cas, à l'ébranlement et la fusion de la tige du pendule, ou à l'aimantation des différentes pièces d'acier.

Parmi les nombreux effets du coup de foudre qui atteignit une maison d'Attleboro (Massachussets), le 1er juillet 1851, M. B. Rice signale le suivant: un des rayons foudroyants pénétra dans les rouages d'une vieille horloge, dont une par-

(1) Abbé Moigno. *Cosmos*, t. XIV, p. 673 (1859).

tie de la boîte fut brisée et jetée sur le parquet (deux rouages). Elle descendit le long du balancier de fer, le verre fut cassé, et cependant l'horloge ne fut pas arrêtée.

Le clocher de l'église de Newbury (Nouvelle-Angleterre) était une tour carrée de bois, élevée de 70 pieds depuis le sol jusqu'à l'endroit où la cloche était suspendue. Au dessus s'élevait une pyramide aussi de bois, haute de plus de 70 pieds jusqu'à la girouette. Près de la cloche était attaché un marteau de fer pour frapper les heures; du haut du manche descendait un fil d'archal par un petit trou de foret dans le plancher au-dessous, et de même au travers d'un second plancher. Sous le plafond en plâtre de ce second plancher et très-près coulait horizontalement le fil d'archal jusqu'auprès d'une muraille de plâtre le long de laquelle il descendait à l'horloge, qui était à 20 pieds au-dessous de la cloche. Ce fil d'archal n'était pas plus gros qu'un lacet ordinaire. Or la foudre, au rapport de Franklin, qui en constata lui-même les effets, frappa la pyramide de ce clocher et la mit en pièces. Les éclats en furent lancés de tous les côtés sur la place où l'église était bâtie, en sorte qu'il ne resta rien au-dessus de la cloche. Le météore passa ensuite du marteau à l'horloge, sur le fil d'archal, sans offenser les planches, dont il ne fit qu'agrandir un peu les trous de foret sans endommager les murailles de plâtre ni aucune partie du bâtiment. Puis, de l'extrémité du fil d'archal, il suivit la tige du pendule de l'horloge, qui était de la grosseur d'une plume d'oie. De l'extrémité de cette tige jusqu'au sol l'édifice était fendu et excessivement endommagé, et même des pierres avaient été arrachées des fondements et jetées à la distance de 20 à 30 pieds. Le petit fil d'archal avait été entièrement volatilisé, à l'exception d'un bout de 2 pouces, qui pendait au manche du marteau, et d'un autre bout de même longueur, qui était attaché à l'horloge. On voyait seulement le long du plafond et de la muraille, dans la direction qu'affectait le fil, une trace noire et sale, plus obscure dans le milieu de sa largeur que vers les bords.

Cette observation est précieuse sous plusieurs rapports. Nous n'en ferons ressortir ici que cette circonstance; savoir

qu'une masse fulminante assez intense pour disperser en éclats une pyramide en charpente de 70 pieds de hauteur, endommager gravement la tour en bois qui la soutenait, arracher des pierres des fondements et les lancer à 20 et 30 pieds, fut parfaitement conduite, sans causer le moindre dégât, non-seulement dans le sens vertical, mais encore dans le sens horizontal, par un fil d'archal qui n'était pas plus gros qu'un lacet ordinaire. Il est vrai que ce fil fut presque entièrement volatilisé; mais un autre fil, celui du pendule, qui était de la grosseur d'une plume d'oie, résista et ne fut ni fondu ni volatilisé. Il paraît donc plus que probable que si un fil d'archal semblable eût été tendu depuis la verge de la girouette jusqu'au sol, la foudre n'eût causé aucun dommage au clocher, quand même le fil eût été détruit.

Effets produits sur les glaces et les miroirs. — L'amalgame d'étain et de mercure qui forme le tain des glaces et des miroirs peut, en raison de sa surface parfois considérable, exercer, sur le courant électrique, un certain pouvoir d'attraction. Parmi les observations qui nous paraissent le mieux démontrer cette influence, nous choisirons la suivante, citée par Molyneux :

Le 9 août 1707, dans une localité d'Irlande, la foudre atteignit le sommet d'une cheminée, descendit le long des parois de son canal, et, arrivée au niveau d'une glace, troua la muraille contre laquelle elle était appuyée et la brisa en mille fragments.

Un autre fait noté par Beyer présente quelque analogie avec le précédent. L'an XI, la foudre tomba sur une cheminée d'une maison de campagne à Clichy-la-Garenne, pénétra dans son canal garni de plusieurs barres de fer et mit en pièces une glace de la chambre du premier étage et une autre glace, dans la pièce juste au-dessous, au rez-de-chaussée. Elles étaient toutes deux placées sur l'entablement de la cheminée. Le trumeau de la dernière fut détaché et lancé à l'autre extrémité de la chambre. Y a-t-il eu ici, comme précédemment, quelques ouvertures pratiquées à la paroi même du canal, ou bien le rayon électrique n'a-t-il agi que

par influence? C'est ce que nous ignorons, faute de détails.

Le tain est un conducteur le plus ordinairement insuffisant; aussi le verre qu'il tapisse est-il souvent brisé en mille pièces.

Alors l'étincelle passe diagonalement d'un coin de la glace à l'autre, et la ligne de son trajet est indiquée par de nombreuses fractures, comme le professeur Olmsted en cite un exemple. D'autres fois, la glace est tellement brisée qu'on en retrouve à peine des vestiges (1). Une des glaces du paquebot *le New-York* fut réduite en atomes, et cependant le cadre resta intact.

Les fragments sont quelquefois lancés au loin avec une grande violence; dans le cas cité par Molyneux et dont il a déjà été fait mention, les fragments dont les plus gros étaient de la dimension d'une demi-couronne (petit écu) furent en certain nombre fichés comme des grêlons dans une porte en chêne, en face de la cheminée.

Les fragments portent quelquefois des traces de feu, et sont même partiellement fondus, ainsi plusieurs de ceux dont parle Molyneux présentaient à leurs bords et à leurs angles une légère teinte couleur de flamme.

Les deux angles opposés d'une grande glace du château d'Upsal avaient été fondus, et cependant le verre était sans aucune fente (Bergman).

Lorsque, le 27 octobre 1803, la foudre atteignit sur la côte de Malabar le navire anglais *le Trident*, de 64, un de ses rayons pénétra dans une chambre, et cinq ou six glaces y furent, dit-on, complétement fondues, à ce point que le verre pendait comme des chandelles de glace (2).

Le tain lui-même présente divers états : parfois il est fondu sans que le verre soit affecté; le fait suivant, rapporté par Mar. Vasalli, nous paraît en être un exemple :

Un rayon de la foudre qui tomba sur l'observatoire du marquis Graneri ayant pénétré dans une chambre ornée de nombreuses dorures, en enleva quelques-unes et fondit le

(1) Rice. *Voigt's mag.*
(2) *Nautic magaz*, t. XII, p. 742.

tain des miroirs enchâssés dans les parties latérales d'une porte.

Parfois le tain disparaît en vapeur. Au rapport de Sage, le 2 juillet 1821, la foudre tomba à Paris, sur le quai, vis-à-vis l'île Louviers; elle détruisit le tain d'une grande glace qui était sur une cheminée; l'amalgame exhala une fumée qui se répandit dans la chambre; le verre ne fut pas endommagé.

Dans le cas suivant, cité par Noggerath, le tain fut projeté au loin :

Une glace d'un pied carré ayant été brisée par la foudre, les fragments répandus dans la chambre furent trouvés dépourvus de leur amalgame; celui-ci, sous forme de parcelles de 1 à 3 lignes de grandeur, avait été projeté à une distance de 15 pieds; il n'était d'ailleurs nullement changé dans ses proportions chimiques.

Quant aux cadres et aux trumeaux, ils sont parfois déplacés, brisés et même troués.

Dans un autre cas, tandis que le cadre d'un miroir pendu à un poteau avait été brisé; le verre ni le tain ne paraissaient avoir reçu aucune atteinte (Rice).

Le 20 juin 1822, la foudre tomba à Edge-Hill et pénétra dans une chambre; le cadre d'une grande glace y fut percé comme par une balle de pistolet. Autour du trou la dorure présentait des *raies de suie* disposées régulièrement en rayons. La glace elle-même ne fut pas cassée (Howard).

Dorures. — Les dorures sont très-fréquemment atteintes par le fluide électrique, le métal prend une teinte pourpre; il revêt d'autres teintes et il noircit, s'il est allié. Très-souvent aussi la dorure est enlevée seule ou avec une partie de l'objet sur lequel elle est appliquée. Cette remarquable prédilection du courant électrique pour les dorures est démontrée par de très-nombreux exemples.

Plusieurs fois déjà les chiffres dorés des cadrans d'horloges ont été noircis ou enlevés. Souvent aussi la foudre, après avoir pénétré dans les églises, s'est portée sur les dorures de la chaire et surtout sur celles de l'autel ; ainsi :

En 1763, la dorure du tabernacle de l'église des Capucins, à La Fère, en Picardie, fut dégradée; chose digne de remarque, un voile de soie qui la recouvrait ne fut nullement endommagé, non plus que le linge de l'autel (Nollet).

La foudre qui pénétra dans l'église de Sagan, en 1749, attaqua toutes les dorures des images des statues du chœur et de la chaire, les noircit et les fondit (Hemmer).

Parmi les nombreux exemples des effets de la foudre sur les dorures des appartements, nous ne citerons que les deux suivants :

Le météore ayant pénétré, le 3 juin 1826, dans la maison de madame Marsh, les dorures d'un grand nombre de cadres qui décoraient plusieurs chambres furent enlevées. La couleur pourpre substituée presque partout à l'éclat de ce métal donnait aux appartements une apparence des plus extraordinaires; d'autant plus que les papiers de tenture dont les couleurs variées étaient métalliques, avaient été noircis ou avaient pris une teinte différente.

La foudre qui, en 1773, envahit les appartements de l'hôtel de lord Tilney, à Naples, au moment où quatre à cinq cents personnes s'y trouvaient rassemblées, n'en blessa aucune et se dissémina sur les dorures de la grande corniche qui entourait les plafonds, sur les dorures des baguettes servant de cadre aux tapisseries, sur celles des cadres des tableaux, des sofas, des chaises, mais seulement de celles qui étaient contre les parois; quant aux dorures des chaises et des autres meubles placés au milieu des appartements, quant aux nombreuses pièces d'or étalées sur les tables de jeu, elles ne furent pas touchées. Les dorures suivies d'une manière si singulière par les rayons électriques étaient noircies, fondues, écaillées ou enlevées en parcelles. Bientôt, en effet, on s'aperçut que les tables et les habits étaient couverts d'une poussière brillante que l'on reconnut pour être le produit des écailles de la dorure et du vernis qui la recouvrait (De Saussure).

Les dorures des porcelaines ne sont pas même toujours épargnées; ainsi, dans l'histoire du foudroiement de la maison Marsh, nous voyons que le fluide courut à l'entour d'un service de porcelaine et en enleva les do-

rures; et, dans l'accident observé à Antony, par Beyer, la bordure en or d'une soucoupe fut fondue et resta incrustée dans la porcelaine même.

La tendance de la foudre à attaquer les dorures, déjà démontrée par les faits qui précèdent, est encore plus frappante dans le cas suivant : lors du foudroiement de la maison rue Plumet, en 1767, entre plusieurs cadres qui étaient dans une chambre, le fluide électrique ne se porta que sur un seul qui était doré; tous les autres ne furent point touchés. (Rigaud).

L'or enlevé est quelquefois transporté dans une certaine direction et déposé sur tel ou tel point.

Nous en avons déjà signalé des exemples.

Fils métalliques des sonnettes. — Les effets de la foudre sur les fils métalliques des sonnettes sont fort intéressants à connaître. Examinons d'abord les lésions variées dont ces fils sont le siége; nous étudierons ensuite ces mêmes fils comme conducteurs de l'étincelle foudroyante.

Parfois les fils de sonnettes restent intacts, quoique ayant servi de conducteurs au fluide électrique. C'est lorsque, par exemple, l'étincelle, très-faible, est une subdivision de la décharge primitive, ou lorsque le fil lui-même est d'une épaisseur insolite. Ainsi Naumann rapporte qu'une portion de fil de sonnette ne fut pas fondue parce qu'elle était plus épaisse que le reste, elle avait en effet presque une ligne de diamètre.

Quelquefois aussi ces fils paraissent intacts; mais lorsque plus tard on veut les utiliser, on s'aperçoit qu'ils se brisent avec la plus grande facilité. Mountaine cite un exemple de ce phénomène dû sans doute en partie à l'oxydation du métal et plus probablement à quelque modification dans l'arrangement de ses molécules.

Et d'abord la coloration du fil que l'étincelle a suivi, présente parfois dans une certaine longueur une remarquable diversité. Ainsi, dans un cas observé par M. Fusinieri, un fil de cuivre offrait sur une partie de sa longueur de brillantes couleurs disposées dans l'ordre suivant : jaune vif, jaune

moins brillant, rouge, violet foncé, violet plus clair et un vert extrêmemement beau. Ces couleurs sont évidemment celles des lames minces, mais beaucoup plus vives que celles qu'on obtient artificiellement; elles seraient dues aux molécules du métal emportées par le courant et oxydées au contact de l'air.

Les fils sont quelquefois brisés en un plus ou moins grand nombre de fragments. — Quant à leur *fusion*, elle présente divers degrés. Parfois ils sont seulement ramollis et peuvent alors se souder avec les corps métalliques qui les touchent. Une observation fort singulière trouve ici sa place; elle a été recueillie par le pasteur Leitch.

Le 11 août 1849, le tonnerre tomba sur une fermè à Moniemail, près Cupar-fise. Entre autres phénomènes, on vit deux fils de cuivre de sonnette fondus adhérer fortement l'un à l'autre par deux faces planes qui se répondaient très-exactement. Les deux fils étaient attachés à la même équerre et couraient parallèlement l'un à l'autre; le fait, comme le remarque M. W. Thomson, est en dehors de la classe ordinaire des phénomènes électriques et peut-être le seul de ce genre qui ait été observé.

Le plus souvent les fils sont fondus en *globules*; dans une étendue d'ailleurs très-variable et parfois considérable. Quelquefois cependant la fusion n'a lieu que de distance en distance, et les fils sont divisés en un plus ou moins grand nombre de fragments, ainsi que Hemmer l'a observé dans le château du comte de Wieser, ou bien elle n'affecte que les extrémités attachées au tourniquet (Pazumot). — Les globules sont parfois de si petit volume que, pour les découvrir et les recueillir il faut employer l'aimant, comme Nairne l'a mis en pratique en 1782, dans la maison de M. Parker. — Rarement ils sont creux à l'intérieur. Les uns sont friables et les autres encore malléables. — Ces globules tombent par leur propre poids ou sont lancés avec force et peuvent s'incruster dans diverses substances, mettre le feu au bois, à la paille, et même brûler les vêtements de l'homme ou le blesser plus ou moins grièvement, phénomènes variés dont nous allons rapporter quelques exemples.

L'abbé Richard a vu des globules d'un fil de fer de sonnette qui étaient tombés dans des tasses à café en porcelaine, et faisaient corps avec la porcelaine, sans qu'elle en fût autrement altérée.

Dans un cas observé par M. Fusinieri, les portions du fil de fer qui avaient été fondues avaient été lancées dans l'appartement sur différents meubles qu'elles avaient brûlés en partie.

C'est au docteur Ebell que nous devons l'observation suivante : En 1769, le 31 mai, un coup de foudre frappa une maison à Hanovre. Entre autres effets, une sonnette de cuivre de 3 pouces de diamètre et de 2 pouces et demi de hauteur, présenta deux trous ronds, l'un au-dessus de l'autre, de 3 lignes et demi de diamètre, sans trace aucune de fusion et comme percés à l'aide d'un marteau. Au bord de la sonnette se trouvait une petite excavation également ronde, mais avec légère trace de fusion. En dedans de cette même sonnette, d'un seul côté, on voyait une petite quantité de verre verdâtre provenant de la vitrification de la terre glaise qui recouvrait une poutre voisine (1). Presque tout le fil de fer de la sonnette avait disparu; on n'en trouvait pas un fragment long d'une ligne; il avait été fondu en d'innombrables globules, dont les plus gros avaient un tiers de ligne de diamètre. Quelques-uns étaient creux à l'intérieur. Les uns, de la grosseur de graines de pavot, étaient arrivés liquides sur la sonnette, à une distance de 3 pouces, et y étaient restés suspendus comme de petites gouttes. D'autres, à 2 pieds du fil, étaient incrustés dans un ustensile de zinc. A 3 pieds et demi, ils s'étaient incrustés, en le brûlant, dans du bois de sapin, jusqu'à une ligne de profondeur. Enfin, à 11 ou 12 pieds, ils avaient pénétré dans le plancher en y faisant des trous d'un quart de ligne de profondeur et de 2 à 3 lignes de diamètre. Dans un trou d'un pouce de diamètre, par lequel le fil passait d'une chambre à l'autre, on trouva encore de la terre glaise vitrifiée à sa surface, et les plus gros des globules dont nous avons parlé.

Il arrive fréquemment que les globules métalliques ont

(1) *Voy. Fulgurites.*

produit quelques lésions à l'homme. Pazumot rapporte que sept domestiques placés au-dessous d'un fil de sonnette furent brûlés superficiellement.

Franc.-Maria Stella rapporte que dans une nuit du mois d'août 1789, la foudre tomba sur la maison des seigneurs Liruti, à Udine. Elle détruisit différentes pièces de la toiture, vint dans une chambre, et volatilisa un fil de sonnette sur une longueur de 7 pieds et demi. Une servante avait les bras levés en ce moment pour se peigner, et reçut sur le bras une pluie de globules incandescents qui lui brûlèrent le bras superficiellement.

La foudre, suivant toujours le même fil, pénétra dans une autre chambre, et, continuant son action destructive, lança sur un jeune homme couché les globules provenant de la fusion du fil de sonnette, lui brûla le visage, l'épaule et le flanc gauche, et mit le feu à la paillasse. Continuant sa route, elle vint volatiliser le fil de fer dans une troisième pièce et blesser le père du jeune homme de la même manière.

Assez fréquemment les fils des sonnettes sont complétement *volatilisés* dans une étendue parfois considérable (Beyer, Naumann, Lathrop).

Le métal volatilisé dessine quelquefois sur le plafond ou sur la muraille qui l'avoisine des images dont on peut reconnaître la nature par différents procédés (aiguille aimantée, réactifs).

Les empreintes dont il est question sont très-variables dans leur couleur, leur forme et leur étendue. Citons en quelques exemples :

La foudre ayant suivi un fil de fer de 50 pieds de longueur, imprima presque partout sa trace en noircissant fortement les murs sur une étendue de plus de 10 pouces, à droite et à gauche, au-dessus et au-dessous du fil (Pazumot).

Le 14 février 1809, la foudre étant tombée sur la maison de M. Badenier, à Antony, près Paris, volatilisa huit décimètres (environ 2 pieds) de fil de fer de sonnette, et laissa sur le mur une empreinte de près de 2 mètres de longueur sur 1 mètre 2 décimètres de largeur (6 pieds sur 4); véritable image de l'éruption d'un volcan.

Les fils des sonnettes sont, comme nous l'avons vu, conducteurs de la foudre et de ses rayons.

La foudre tomba à Marseille sur une espèce de campanille ou de ciel ouvert, et se jeta sur une grosse sonnette à laquelle étaient fixés deux fils d'archal entre lesquels elle se partagea. Elle suivit l'un des fils dans trois étages, et pénétrant dans une chambre, elle arriva au tourniquet auquel était appendu un cordon de soie, qu'elle quitta pour la bordure d'une glace qu'elle suivit jusqu'au bas, et vint enfin éclater sur l'appui de marbre de cette cheminée.

La foudre qui suivit le second fil pénétra dans une chambre, puis descendit deux étages, atteignit enfin une chambre où se trouvait le tourniquet. N'ayant plus de fil à suivre ni d'objet métallique sur qui s'élancer, elle se jeta sur une armoire et sur une tapisserie qu'elle endommagea gravement (1).

Pazumot, de Saussure, Beyer, Rigaud, W. Child, Hemmer, Bergman, Reimarus, etc., etc. ont cité des faits plus ou moins analogues aux précédents, et montré que la foudre avait pu suivre des longueurs parfois très-considérables de fil de sonnette, de préférence à tout autre objet.

C'est le plus ordinairement après avoir déjà pénétré dans l'habitation de l'homme et en se portant le long des murailles et des cloisons que la foudre rencontre les fils de sonnettes. Cependant, et c'est ici une circonstance importante à noter, ces fils favorisent l'entrée même du rayon foudroyant. Ainsi, dans un cas cité par M. Fusinieri, la foudre fit un trou à un mur, tout près d'un fil de sonnette sur lequel elle se jeta. Dans un autre cas, elle descendit sur la paroi du canal d'une cheminée, paroi qu'elle traversa au niveau d'un fil de sonnette. — Une circonstance peut favoriser ce mode d'entrée; c'est que le tourniquet des sonnettes est souvent fixé à la muraille vers le chambranle de la cheminée par des clous assez volumineux qui pénètrent profondément.

La foudre, une fois saisie d'un fil de sonnette, le suit dans tous ses détours; et faisons remarquer ici la facilité avec laquelle elle se meut *horizontalement* malgré sa tendance habi-

(1) Communiqué à Le Roy de l'Acad. des sc. par le marquis de Bausset.

tuelle à gagner le sol par le plus court chemin. Elle passe souvent alors par les trous fort étroits destinés aux fils métalliques à travers les murs et les cloisons. Si elle rencontre un fil plus volumineux, elle se porte sur lui, surtout s'il la conduit plus directement au sol, ainsi que Fusinieri en cite un exemple. Et, dans ce trajet, deux autres circonstances sont à noter; la première, c'est que les fils des sonnettes, malgré les fractures, la fusion, la volatilisation même, dont ils sont atteints, n'en servent pas moins à conduire l'étincelle, et parfois si complétement, qu'un homme qui dormait dans un lit, quatre pieds au-dessous d'un fil de sonnette suivi par le fluide électrique, n'en fut pas sensiblement affecté (Henry). Remarquons en second lieu que les fils métalliques, en subdivisant le fluide, diminuent pour l'homme le danger de ses atteintes. Toutefois l'étincelle, ne trouvant dans ces fils qu'un conducteur en quelque sorte incommode par son petit diamètre, a une grande tendance à les quitter, si elle rencontre tout près de là des conducteurs métalliques plus volumineux et l'homme lui-même. Cet effet sera immanquable si, en ce point, le fil conducteur est interrompu.

Mais si les fils des sonnettes introduisent parfois la foudre dans l'intérieur de nos maisons et la dirigent par de longs et nombreux détours, ils servent parfois aussi à l'*éconduire* sous les portes cochères, dans les cours et jusque dans la rue. Ebell en cite un cas. Et, dans un autre cas, observé à Antony par Beyer, la foudre suivit dans la maison des fils de sonnettes, arriva ainsi jusqu'à la porte cochère et se jeta sur une chaîne qui pendait au dehors, et qui servait à tirer la sonnette d'entrée.

On voit donc, en résumé, que les fils des sonnettes sont utiles, en conduisant, en divisant l'étincelle et même en lui donnant une issue au dehors; mais que, d'une autre part, ils sont dangereux, parce qu'ils introduisent quelquefois la foudre dans l'intérieur de nos habitations qui ne lui offrent trop souvent qu'un conducteur interrompu ou insuffisant.

Quelques précautions sont donc à prendre à l'égard de ces fils. Il serait peut-être plus convenable de les rendre plus volumineux que d'ordinaire. Ils ne devront jamais être inter-

rompus dans les chambres et les corridors, mais seulement aux endroits où leur cessation est presque sans danger. On évitera surtout de laisser pendre le long du chambranle d'une cheminée ou sur la paroi voisine du lit un fil de fer ou de cuivre attaché en haut à un tourniquet. Ce fil sera invariablement remplacé par un cordon ou un ruban de soie. Enfin, en temps d'orage, on devra s'éloigner des fils de sonnettes.

CHAPITRE III

EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES ÉDIFICES ET SUR LES MAISONS

SOMMAIRE. — Murs percés. — Pierres brisées, pulvérisées. — Tuiles, ardoises. — Pierres, moellons lancés au loin. — Plâtre et mortier enlevés et projetés. — Murs sillonnés. Impressions colorées sur les murs. — Murs fendus. — Murs creusés. — Portion d'édifice coupée transversalement. — Murs déplacés. — Cheminées. — Poêles. — Charpente. — Fenêtres. Vitres. Encadrements de plomb. Châssis. — Lattes des cloisons. — Foudre pénétrant dans les caves, dans les catacombes, dans les mines. — Amas de bitume, de charbon de terre. — Magasins à laines. — Écuries.— Tendance de la foudre à frapper les granges.— Moulins à vent. — Orgues. — Baromètres. — Galvanomètre. — Foudre suivant le même trajet à plusieurs années d'intervalle. — Foudre pénétrant par les ferrures des poteaux. — Conduction intérieure par les objets métalliques. — Trajet multiple.

Murs percés. — La perforation des murs est un des phénomènes les plus communs de l'action de la foudre ; nous avons pu en réunir plus de cinquante exemples, et leur analyse nous a bientôt démontré que la perforation elle-même est fréquemment multiple.

Les murs les plus épais ont pu être percés par la foudre, et les murs placés au-dessous de la surface du sol, comme sont ceux des caves, n'ont même point été épargnés par la foudre.

En 1777, la foudre atteignit l'église de Saint-Martin, à Dijon, traversa un mur de pierre de taille, au delà duquel elle se dissipa.

Bergman rapporte que le château royal d'Upsal fut frappé par le météore le 24 août 1760, et qu'on trouva le mur de fondation percé d'un grand trou : plusieurs murs intérieurs furent aussi percés.

L'épaisseur des murs perforés a varié de 6 à 30 pouces, soit de 16 à 83 centimètres environ; on aurait grand tort de se croire abrité de la foudre par un mur solide, et de regarder comme sans danger un dépôt de poudre que des murs épais protégeraient seuls contre l'action de la foudre.

Quand ces perforations étaient à peu près *circulaires*, il résulte de l'analyse de nos observations qu'elles variaient de

dimensions depuis le calibre du plomb de chasse jusqu'à une éventration de 3 mètres 33 centimètres ; entre ces limites nous trouvons des perforations de 3, 10, 15, 18, 25, 33, 39 et 67 centimètres de diamètre. Assez souvent ces perforations sont *allongées ;* l'une d'elles offrit 1 mètre 33 centimètres sur un mètre.

La foudre qui atteignit le clocher de Lestwithiel repoussa plusieurs pierres de la muraille ; il en résulta plusieurs trous, l'un d'eux avait 14 pouces de largeur et 6 de profondeur, et était si régulièrement *carré* qu'il semblait avoir été fait par l'art (Smeaton).

Le foudroiement de l'église d'Alfwa, le 19 juillet 1752, fut remarquable par le grand nombre de trous pratiqués aux murailles. On trouva dans le haut d'un mur trois trous dont le plus grand était de la grosseur du poing fermé ; une des pierres d'un des piliers de la porte présentait, à quatre aunes du sol, un trou long de 12 pouces et large de 3. Un autre trou allongé existait à la muraille un peu au-dessus du dais de la chaire (Feltstrom.)

L'imposte en plâtre de la chapelle d'Enghien-les-Bains fut percée de plusieurs trous de 10 centimètres environ de diamètre (Constant Prévost).

La foudre qui atteignit le château de Lichtenstein (Bohême) en 1807, pratiqua à ses murailles extérieures et intérieures plus de vingt ouvertures de calibre différent (1).

La muraille du clocher de Burg, frappé le 11 janvier 1762, semblait avoir été battue par des boulets. Des pierres entières et énormes avaient été déplacées sur les deux faces du mur (Ustick).

Une variété plus rare est celle où le mur est percé d'un très-grand nombre de petits trous. Le 2 juillet 1794, la foudre atteignit la maison Serno, à Belzig (2), blessa deux personnes dans une chambre, en sortit par une muraille épaisse de deux pieds et demi, non par un seul trou, mais par plusieurs petits trous qui semblaient percés par des grains de plomb (Serno).

(1) *Gilbert's Ann.*
(2) Voir *Magasin à laines.*

Il arrive quelquefois que la foudre laisse dans les murs qu'elle perfore quelques-uns des objets qu'elle entraîne avec elle; on a trouvé du plomb dans un vaste trou que la foudre avait pratiqué au bas du mur de l'église de Wachenheim.

La foudre perfore les murs de différentes façons : tantôt c'est en repoussant les matériaux qui les constituent, tantôt c'est en les brisant et projetant au loin les éclats, enfin, dans d'autres cas, on voit la foudre arracher le mortier interposé aux pierres pour se frayer un passage (Rice). Mais on a vu aussi la foudre percer la pierre elle-même d'un trou parfaitement rond ou d'une rainure sans la fendre aucunement (Palmstiern).

Dans bien des cas, la foudre a percé des murs qui abritaient des masses métalliques, attirée par elles; aussi faut-il redouter de plus grands dangers dans ces circonstances. C'est ainsi que les maisons ont leurs murs frappés au voisinage des ferrures qui les assemblent, ou près des ferrures des portes ; dans bien des cas, les objets métalliques n'ont même pas le contact de la muraille et n'en sont pas moins la cause déterminante de la chute de la foudre en cet endroit ; des glaces étamées, des fils de sonnettes, des armes suspendues à la muraille, des tuyaux métalliques deviennent des causes de la perforation des murs par la foudre.

Le 26 juillet 1849, la foudre atteignit une maison dans les environs de Londres. L'étincelle suivit la gouttière, puis la descente métallique; mais comme celle-ci était remplacée, à quelques pieds du sol, par un tuyau en bois, l'étincelle ne trouvant plus de conducteur, perça le mur d'un large trou pour se jeter sur la roue principale d'un dévidoir (Birt).

Le 8 juin 1839, à l'hôtel des Invalides, la foudre brisa en quatre une pierre de 77 kilogrammes, et lança les morceaux à quatre mètres de là ; or, cette pierre n'était attachée au mur par aucun lien métallique, mais elle masquait un tuyau de plomb servant à la décharge des eaux du réservoir des bains (Bugnot).

La foudre qui frappa la caserne de Fougères, le 9 septembre 1843, traversa plusieurs murs épais avant d'atteindre une chambrée de quarante soldats environ, laquelle contenait

des brides avec leurs mors en fer : le météore apparut sous la forme de globe de feu (Blondeau).

Pierres brisées, pulvérisées. — Un des effets très-ordinaires de la foudre est de *briser* en fragments plus ou moins volumineux les pierres qu'elle rencontre sur son passage. Il arrive plus rarement qu'elle les *pulvérise* ; en voici cependant deux exemples :

Une pierre dans laquelle s'implantait une barre de fer fut réduite en poussière impalpable que recouvrait la muraille au-dessous (Delawal).

La muraille d'une maison fut fendue de haut en bas. Une grosse pierre, à l'angle de la fente, fut mise en poussière (Howard).

Les deux faits suivants peuvent servir à expliquer le mécanisme de cette pulvérisation.

Une pierre de roche calcaire, percée d'un trou pour recevoir un tuyau de descente, fut fracassée et rendue friable et comme par écailles par le torrent électrique qui la pénétra (Pictet).

Des pierres en apparence dures et parfaitement solides se réduisaient en poussière à la simple pression des doigts (Paxton).

Nous verrons bientôt des pierres *creusées* et même *percées* par l'étincelle.

Tuiles — Ardoises. — Les tuiles, les ardoises sont *soulevées* et *dispersées*. D'autres fois les tuiles sont *rompues transversalement* par le milieu. Presque toutes les tuiles d'un toit, au rapport de Mauchart, offrirent ce genre de lésion. — Ou bien elles sont brisées et leurs fragments jetés au loin.

Un des rayons de la foudre qui tomba sur la flèche du clocher de Saint-Martin, à Dijon, brisa les tuiles du toit dans un espace de 8 à 10 pieds de circonférence et n'endommagea aucune des lattes.

Les tuiles du toit de deux maisons furent rompues sur la longueur d'un sillon profond, comme si une charrue pesante avait agi sur elles (Th. Lawrence).

Mais une lésion plus intéressante à signaler est la perforation des tuiles et des ardoises.

Une tuile fut percée d'un trou régulier comme par une balle de carabine (Voigt).

Sur une autre tuile, le trou avait un pouce de diamètre.

Lorsque la foudre atteignit le dôme des Invalides, plusieurs ardoises furent criblées de trous comme aurait pu le faire une décharge de mitraille (Bugnot).

Ajoutons que dans un cas observé à la Havane par M. Casauca, l'étincelle perça une brique en formant un trou parfaitement *carré*.

Pierres, moellons lancés au loin. — La projection des moellons et même des pierres de taille est un des phénomènes qui attestent le mieux la violence du météore.

Lorsque la foudre atteignit, rue Plumet, une souche de cheminée, des moellons pesant plus de 40 livres furent lancés presque horizontalement à plus de 30 pieds contre un mur opposé (Rigaud).

Une portion des pierres enlevées à la corniche d'une chapelle furent lancées avec une force extrême contre la maison d'un paysan, à environ 50 pieds de là, de manière à y laisser des traces manifestes (Bischof et Noggerath).

Des pierres ont été lancées beaucoup plus loin encore; ainsi, plusieurs fragments de pierres de la flèche de l'église de Leswithiel (Cornwallis) furent trouvés à une distance de 200 yards (182 mètres) (Smeaton).

Le 20 juin 1772, *un globe de feu* frappa une maison à Steeple-Ashton. Le corps d'une cheminée fut renversé et écrasa le toit placé au-dessous. De grosses pierres furent détachées des murailles et jetées à une distance considérable; l'une d'elles à 200 pieds (Pitcairn et Wainhouse).

Les faits que nous allons citer sont encore plus remarquables, surtout par le volume considérable des pierres lancées au loin.

Des pierres du mur de fondation de l'église de Newbury furent arrachées et jetées à la distance de 20 ou 30 pieds (Franklin).

Le 23 août 1853, le tonnerre tomba sur le clocher de Maison-Ponthieu; l'explosion dispersa, à une forte distance, les ardoises et les planches de la toiture, et lança à plus de 20 mètres une pierre mesurant 35 centimètres cubes.

Le *globe de feu* qui, le 2 mars 1769, frappa l'église de Buckland renversa le faîte de la tour. Des pierres furent lancées au loin, et cependant plusieurs d'entre elles pesaient plus de 700 livres. M. W. Paxton en ramassa une à 60 perches de là; elle pesait 8 livres (W. Paxton).

Une circonstance à noter, c'est que des pierres parfois énormes sont lancées dans différentes directions, ainsi :

Le 11 janvier 1762, la foudre fendit de haut en bas la muraille occidentale de la tour de l'église de Breag. Elle enleva, dispersa en mille fragments et en plusieurs directions une partie du pinacle et plusieurs créneaux de la tour; l'une de ces pierres, pesant au moins 150 livres, tomba sur le toit d'une maison à environ 60 yards au sud; une autre fut lancée à 400 yards (365 mètres) au nord, et une autre, très-volumineuse, au côté sud-est de l'église (Ustick).

Il est très-probable que, dans un grand nombre de cas, les pierres lancées au loin suivent la direction de l'étincelle elle-même, ou, en d'autres termes, que la foudre lance les pierres dans sa propre direction. Mais on s'est livré rarement à l'examen de cette circonstance; nous ne pouvons guère citer à ce sujet que l'observation suivante, où la foudre aurait été ascendante.

Le 14 décembre 1825, un orage éclata sur Worchester; on vit comme un éclair brillant qui, de *la terre*, se serait dirigé *à l'ouest vers la nuée* orageuse. Le lendemain, M. John Williams apprit que l'aiguille de l'église de Saint-André avait été frappée. Conjecturant, d'après la nature du son, que les nuées avaient été électrisées négativement, il prédit que les fragments de pierres seraient trouvés à terre du côté occidental de l'église. Sa conjecture fut vérifiée. Des débris de pierres de la tour, bien reconnaissables, gisaient à l'ouest, à 30 pieds de l'église (1).

(1) *Edinburgh, jour of. sc.*, p. 80 (1829).

Plâtre et mortier enlevés et projetés. — Le plâtre et le mortier sont souvent enlevés, tantôt sur des places irrégulières, et quelquefois sur une ligne régulière, ainsi :

Le mortier de la voûte d'une église avait été enlevé sur une bande d'environ 2 pieds et demi auprès d'un soupirail.

Une autre fois le plâtre présentait un sillon de 1 pied et demi de longueur, comme s'il avait été enlevé par une lime ronde (Borlasc).

Souvent les fragments de plâtre et de mortier sont lancés avec force et occasionnent eux-mêmes divers accidents ; ainsi :

Le plâtre d'un plafond, dispersé dans toute la chambre, avait fait plusieurs trous dans le papier d'une porte, à 20 pieds de là (Jungnitz).

Lorsque, le 27 mai 1850, la foudre pénétra dans la chapelle d'Enghien-les-Bains, elle projeta des morceaux de boiseries et des gravois qui l'inondèrent entièrement. Dans leur rapide passage ces gravois firent faire volte-face à deux vases de fleurs, brisèrent un doigt à une statue de plâtre, la main à une statue de bois doré ; cassèrent une chaise, la grille en bois de l'autel, un chandelier, et percèrent de 6 trous une bonne copie d'une *Assomption* (Constant Prévost).

Murs sillonnés. — Parfois les murs sont *profondément sillonnés*, ainsi :

La foudre qui, en 1761, frappa l'église de Ludgwan, pratiqua sur le mur de la tour deux sillons comme ceux d'une charrue (Borlasc).

Impressions colorées sur les murs. — La foudre laisse souvent sur les murs des impressions ordinairement noires, faites comme par du noir de fumée ou de la poudre à canon, de forme et d'étendue variables, et résultant des matières hétérogènes que le météore entraîne avec lui, ou des métaux qu'il volatilise. Nous examinerons plus tard et en détail celles de ces images qui dépendent de la *volatilisation des fils de sonnettes*.

Quant aux impressions faites par le courant lui-même,

elles présentent de nombreuses variétés ; le plus souvent ce sont des *taches arrondies*. Ainsi l'étincelle ayant atteint dans une chambre plusieurs objets en étain et en cuivre, on vit sur une pierre un disque coloré comme par du noir de fumée (Thoresby).

La foudre qui, le 6 septembre 1756, tomba sur le château de Chignac, en Auvergne, se répandit en plusieurs faisceaux dans une salle et alla frapper un mur où elle laissa deux taches noires circulaires d'environ 1 pouce de diamètre et distantes de 1 pied l'une de l'autre.

Quelquefois l'impression est *linéaire, droite* ou *en zigzag*.

Murs fendus. — Il n'est pas rare qu'un mur soit fendu dans une grande hauteur et même du sommet à la base. Cette lésion, plusieurs fois observée sur des maisons, est encore plus remarquable lorsqu'elle atteint de vastes édifices ; ainsi :

En 1719, un des murs de l'église de Solna fut fendu dans presque toute sa hauteur (Palmstiern).

En 1761, une des murailles en excellente maçonnerie de Ludgwan fut fendue dans une hauteur de 12 pieds. La fente était large de 1 à 6 pouces. Plusieurs pierres faisaient saillie en dehors du plan de la muraille (Borlasc).

Le 11 janvier 1762, la foudre atteignit l'église de Breag, à 7 milles de Ludgwan ; tout le mur ouest de la tour fut fendu du sommet à la base ; cette fente n'était pas en ligne droite, mais irrégulière et de 1 à 5 pouces de largeur. En outre, le sommet de la muraille du chœur était fendu, et aussi régulièrement que si on l'eût fait à dessein. Enfin, d'autres portions des murs, près des fenêtres, présentèrent également des fentes de 1 à 4 pouces de largeur (Ustick).

En 1770, la flèche de l'église Saint-Keverne, haute de 48 pieds au-dessus de la tour, fut détruite à moitié ; l'autre moitié fut fendue en quatre parties, jusqu'aux pierres. Quant à la partie nord de la tour, elle fut complétement détruite (Anth. Williams).

En 1787, la muraille de la cathédrale de Vevey fut fendue

(Reynier). Bergman rapporte de nombreux exemples de ce genre.

On peut, dans quelques cas, attribuer la fente des murailles à l'ébranlement que la foudre communique aux masses, mais souvent aussi elle résulte d'une action locale directe.

En septembre 1824, on vit en Angleterre le mur d'une maison fendu par la foudre de haut en bas jusqu'aux fondations. La foudre parut s'être divisée en trois rayons pour le frapper, car on voyait trois trous dans la direction de la fente, et ces trous s'élargissaient en dedans (Howard).

Murs creusés. — Parfois le météore, sans traverser un mur, se creuse dans son épaisseur une ou plusieurs cavités superficielles ou profondes; ainsi :

Une des murailles de l'église d'Alem présentait en dedans un grand nombre de petites excavations qui semblaient creusées par des balles (Reuchenius).

Dans un cas cité par Beyer, la foudre dégrada plusieurs pierres et en creusa une; de cette cavité s'exhalait une fumée abondante.

L'observation suivante est remarquable par la nature de la muraille frappée et par la profondeur de la cavité qu'elle s'y pratiqua. Ce que l'on admirait le plus, dit Nollet, au château de Clermont, en Beauvoisis, après le coup de foudre qui l'atteignit, c'était un trou de 2 pieds de profondeur, large d'autant, dans un mur de 10 pieds d'épaisseur, bâti du temps de César, si l'on en croit la tradition du pays, et dont le mortier, aussi dur que la pierre, permettait à peine la démolition. Les éclats qui en étaient sortis se trouvaient en avant, à plus de 50 pieds de distance, et les pierres, tant au fond du trou que celles qui en étaient détachées, semblaient avoir passé par le feu.

Le 19 juillet 1834, une des quatre tourelles de la cathédrale de Strasbourg fut, pour ainsi dire, coupée par le milieu. D'énormes pierres furent déplacées, et de nombreux fragments furent transportés à des distances considérables (Fargeaud).

Murs déplacés. L'événement suivant qui présente quelque analogie avec les effets des tremblements de terre a été consigné par M. Mathew (1).

La maison de M. Elias Chadwick était située à 5 milles de Manchester sur un terrain un peu élevé et dominant la plaine, ainsi qu'un vaste marais. Toute cette région du comté de Lancastre est riche en mines de charbon; et si la maison elle-même n'était pas située sur quelque filon de cette nature, cela tenait sans doute à des déviations exceptionnelles; car dans presque toutes les directions on trouvait du charbon à différentes profondeurs. Le bâtiment qui présente le phénomène que nous allons décrire était une cave à charbon avec une citerne au-dessus. Les murs étaient en briques avec un enduit imperméable à l'eau. Leurs fondations et le fond de la cave étaient à environ 1 pied au-dessous du sol. Ils avaient 3 pieds d'épaisseur, 12 pieds environ d'élévation, et étaient consolidés par des traverses de bois. Le sommet et le fond de la citerne étaient couverts de dalles. L'ensemble avait environ 18 pieds de longueur, 8 pieds de largeur et 11 pieds d'élévation au-dessus du sol. La cave renfermait environ une tonne (2,000 livres) de charbon. Or, le 6 août 1809, vers midi et demi, après des roulements de tonnerre d'abord éloignés, puis se rapprochant de la contrée basse du pays, le ciel s'obscurcit tout à coup; en ce moment survint une explosion terrible dont l'effet fut de déplacer la muraille extérieure de la citerne de sa position verticale. Son chaperon resta entier, mais le mur de l'extrémité fut ruiné. Près de l'entrée de la cave, la muraille déplacée l'était de 9 pieds environ, l'autre extrémité de 4 pieds seulement. Un jeune homme, âgé de 17 ans, qui était dans une écurie à environ 24 pieds de là reçut, ainsi que plusieurs habitants de la maison, un choc violent et vit ladite muraille se déplacer, non pas instantanément, mais graduellement. Ses traverses de bois furent enlevées à une plus grande distance et parurent brûlées. La partie du bâtiment qui fut comme soulevée

(1) Nicholson, *Memoirs of the Society of Manchester*, vol. II, p. 259.

de ses fondations et déplacée était composée de 7,000 briques environ. Son poids, réuni à celui des parties renversées et à celui des dalles et du mortier, était au moins de 26 tonnes (52,000 livres). Il y avait de l'eau dans la citerne, mais on ne sut en quelle quantité. On ne trouvait d'ailleurs près de là aucun métal, à l'exception de quelques petits robinets qui ne furent pas dérangés. Un tuyau de conduite en plomb appartenant à la citerne n'éprouva aucun dommage. Immédiatement après l'explosion, la pluie tomba à torrents, et l'air près de la maison fut rempli de fumée et d'odeur sulfureuse.

Cheminées. — Les cheminées sont, de toutes les parties d'une maison, celles qui sont le plus fréquemment frappées de la foudre ; nous dirons bientôt pourquoi : examinons auparavant les principaux dégâts qu'elle leur cause.

Le *conduit extérieur* ou *corps de cheminée* est très-souvent brisé, fracassé, avec chute ou projection des briques et de la suie ; parfois il est déplacé, quoique restant sur le toit, ou lancé en bloc à une certaine distance ; ainsi :

Le 7 octobre 1712, dans le Devonshire, une cheminée fut déplacée de telle sorte que chacun s'étonnait qu'elle fût encore debout et ne fût pas tombée sur le toit de la maison (John Chamberlayne).

Le *conduit* ou *canal intérieur*, qui livre souvent passage au météore, présente de très-graves lésions. Ses parois sont trouées en un ou plusieurs endroits, comme M. Fusinieri en cite un exemple, et comme nous en rapporterons bientôt plusieurs autres. D'autres fois elles éclatent, ainsi :

Au rapport de M. le professeur Henry, à quelques milles de Princeton, la foudre pénétra dans une cheminée, en fit éclater les parois, puis elle pénétra dans un galetas, et telle fut encore sa force expansive, dans cet endroit resserré, que presque tout le toit fut enlevé.

Le *devant de cheminée* en toile et en papier qui dans la belle saison ferme l'orifice inférieur du conduit présente parfois aussi diverses lésions ; par exemple :

En 1808, la foudre tomba sur une cheminée surmontée

par un tuyau de tôle. Elle était fermée en bas par un châssis de bois couvert de toile et de papier peint, fixé au manteau pour intercepter le passage de l'air. L'étincelle traversa le châssis, y fit un trou de 1 pouce de diamètre et déchira la toile dans la longueur de 5 pouces. A 1 pied de distance, on remarquait une autre déchirure d'environ 4 pouces (Sage).

Si la foudre arrive jusqu'au foyer, elle repousse, disperse et éparpille dans la chambre les cendres et même les charbons, au grand risque d'un incendie, et projette avec force les chaudrons, les bouilloires ou autres ustensiles.

Mais c'est plus spécialement comme attirant et conduisant la foudre qu'il importe d'examiner les cheminées.

Et d'abord le corps extérieur d'une cheminée forme une saillie plus ou moins isolée au sommet d'une maison ; il est souvent surmonté d'un tuyau en tôle, muni lui-même d'un chapiteau ou d'une espèce de girouette, afin de placer toujours sous le vent l'ouverture par laquelle s'échappe la fumée ; souvent aussi le corps de cheminée est étayé en dehors par des barres de fer.

Le conduit intérieur est quelquefois construit en fonte; s'il est en briques il présente diverses pièces de fer (barres, clefs, etc.), destinées à lui donner plus de résistance. Il est en outre tapissé d'une couche de suie, corps fort bon conducteur, et souvent un tuyau de poêle aboutit dans ce canal.

Le foyer ou l'âtre et son voisinage présentent un grand nombre de pièces métalliques: tain des glaces, pendules, candélabres.... pelles, pincettes et leurs crochets; plaque en fonte du fond, chenets, galerie en cuivre, tablier et rideau en tôle.... Signalons enfin la colonne de fumée et d'air chaud et humide qui s'échappe du foyer, pour s'élever plus ou moins dans l'atmosphère.

Et maintenant, insistons sur quelques-unes de ces circonstances :

Plusieurs fois déjà la foudre a pénétré dans des cheminées dont les parois étaient munies d'un plus ou moins grand nombre de pièces de fer. L'observation suivante que la science

doit à M. Delezenne, en est un très-remarquable exemple ; il est vrai que la grande hauteur de la cheminée a dû jouer aussi un rôle important.

Le 13 juin 1839, à Lille, la foudre frappa une haute et épaisse cheminée éloignée de 6 mètres seulement d'un bâtiment couvert en zinc, et contenant deux grandes chaudières à basse pression, garnies de leurs soupapes et de nombreux tuyaux de conduite. Près de ces chaudières se trouvait une machine à vapeur.

Ces énormes masses de fer furent respectées par le météore qui n'atteignit que la cheminée construite en briques ; mais cette cheminée était vraiment monumentale ; elle était haute de 36^{m} 30 cent., et placée sur un piédestal de 9^{m} 14 cent. de hauteur ; elle avait 2^{m} 44 cent. de diamètre extérieur au-dessus de sa base et 1^{m} 53 cent. de diamètre extérieur à son sommet, et elle était surmontée d'un chapiteau de 2^{m} 28 cent. de diamètre. En outre, son canal, de diamètre uniforme, était garni d'échelons en fer posés d'abord pour construire l'édifice sans échafaudage, ensuite pour faciliter les réparations intérieures et le balayage. Les échelons distants de 35 centimètres étaient des barres de 27 millimètres d'*équarrissage* et de 90 centimètres de longueur totale. Chaque bout était encastré de 16 centimètres dans le mur. Le chapiteau octogone était composé de grosses pierres liées entre elles par des agrafes en fer et scellées. Cette cheminée venait d'être terminée lorsqu'elle fut foudroyée ; voici les dégâts qu'elle présenta : elle fut lézardée dans un grand nombre de points de sa longueur, depuis le sommet jusqu'au sol. Dans sa moitié supérieure, entre ces longues lézardes, on remarquait des places successives où la maçonnerie avait éclaté, et qui, sans doute, correspondaient aux extrémités des échelons. Trois de ces échelons appartenant très-probablement au bout supérieur de la colonne furent jetés, deux à 10 mètres, et le troisième à 5 mètres de distance. Le quart du chapiteau fut jeté en une seule masse à 5 mètres de l'axe de la cheminée ; les agrafes encore scellées qui réunissaient les pierres étaient intactes, et ne laissaient voir aucune trace du passage de la foudre.

Cette masse était tombée du côté où étaient les échelons en fer; les lézardes et les démolitions s'étaient faites aussi de ce côté. Il paraît certain, dit M. Delezenne, d'après ces détails, que la foudre a sauté d'un échelon à l'autre depuis le sommet de la cheminée jusqu'au dernier échelon inférieur. Le mortier humide servait de conducteur imparfait. Le fluide, en s'échappant par les extrémités des échelons, aura mis l'eau en vapeur, et c'est la pression exercée par cette vapeur qui aura fait éclater la maçonnerie. Par son épaisseur croissante du sommet à la base, le mur opposait une résistance de plus en plus grande. D'un autre côté, les déperditions du fluide aux extrémités des barres et la dessiccation croissante du mortier concouraient à diminuer les effets. Aussi les dégradations étaient-elles de moins en moins prononcées à partir du sommet. Le piédestal n'avait presque pas souffert, mais les deux tiers de la cheminée ont dû être reconstruits. Nous ajoutons que des cheminées de ce genre devraient être constamment munies d'un conducteur en barres, en cordes ou en lames de cuivre, et placé à l'extérieur.

La suie des cheminées des cuisines est un corps peut-être encore meilleur conducteur que la suie des cheminées d'appartements. M. Stanislas Martin a constaté que la première contient souvent du cuivre à l'état de métal et de sel, sans doute détaché des vases qui servent aux besoins journaliers de la vie, et entraîné dans la cheminée avec les cendres et la fumée (1).

Quant à la colonne de fumée et d'air chaud qui s'élève des cheminées, plusieurs faits semblent démontrer qu'elle favorise la chute de la foudre.

Ainsi, le 26 juillet 1841, pendant un violent orage, plusieurs individus étaient réunis dans la cuisine d'une chaumière; il y avait bon feu, lorsque la foudre éclata, descendit par la cheminée et tua la personne qui se trouvait la plus rapprochée du foyer: près de là deux autres personnes furent seulement renversées.

(1) *Journ. des Conn. méd. chir.*, 1852, t. II, p. 135.

Communiqué à M. d'Hombres Firmas par M. Ant. Perego de Milan (1).

M. Olmsted cite un cas analogue.

Le fait suivant est surtout digne d'être mentionné. En juin 1789, à Philadelphie, David Rittenhouse et John Jones remarquèrent que sur quatre cheminées contiguës, la foudre n'avait pénétré que dans les deux seules qui avaient du feu.

Bien plus, on a pu suivre de l'œil l'influence de la colonne de fumée sur la nuée orageuse.

Le 27 mai 1788, M. de Stengel observa à Biderstein le phénomène suivant : la pluie tombait fortement d'un nuage très-élevé, sous lequel se croisaient des masses de nuages petits et très-épais. De la fumée sortait incessamment de la fabrique de porcelaine de Nimfenbourg : un nuage vint à passer au-dessus de la cheminée et se divisa en deux lambeaux. Le premier se divisa en trois pointes divergentes, et celle du milieu attira à elle la fumée et se confondit avec elle. Quand il fut entraîné par le vent, le second lambeau vint le remplacer ; mais entre les deux lambeaux se forma une nouvelle pointe qui se confondit à son tour avec la fumée. Celle-ci vint à cesser presque subitement, et les lambeaux de nuages disparurent tout aussitôt. Il était manifeste que ces lambeaux n'avaient pas d'autre origine que la colonne de fumée ; ils avaient une électricité différente, et peut-être que si la charge électrique eût été plus forte, la cheminée aurait été foudroyée.

Si la colonne de fumée qui s'échappe d'une cheminée attire la foudre, elle peut se trouver en concurrence avec un paratonnerre élevé sur le même bâtiment et diminuer son influence protectrice. Soit, par exemple, une cheminée *sans fumée* placée à 40 pieds d'un paratonnerre élevé de 25 pieds au-dessus du bâtiment. Cette cheminée est suffisamment à l'abri des atteintes de la foudre, s'il est vrai que la tige d'un paratonnerre protége de tous les côtés un espace double de sa hauteur. Mais si une colonne de fumée et d'air chaud s'élève de cette cheminée, les conditions changent, et l'action du paratonnerre se trouve plus ou moins paralysée. On a vu

(1) *Recueil de mém. et d'obs.*, n° 1 (*Phys.*), p. 280 (1841).

un exemple de ce genre d'action (Olmsted). On voit que la cheminée de la cuisine étant, en été, à peu près la seule qui ait lieu de fonctionner pour les usages domestiques, il serait utile de la munir d'un paratonnerre, afin d'empêcher cette attraction de la foudre.

Quand la foudre vient de frapper le conduit extérieur d'une cheminée, elle suit quelquefois tout le conduit extérieur, ou tout le canal intérieur, mais le plus souvent elle est attirée par les objets métalliques de la toiture, les gouttières (1). Nous en avons signalé plus d'un exemple.

Poêles. — Les poêles agissent sur la foudre par leur masse métallique, et en même temps par la colonne de fumée et d'air chaud qu'ils lancent dans l'atmosphère; aussi a-t-on eu plusieurs fois l'occasion de signaler les tuyaux des poêles comme ayant servi d'introducteurs de la foudre.

Charpente. — Sous l'influence de l'ébranlement communiqué aux maisons foudroyées il arrive souvent que les portes s'ouvrent et que les jointures des poutres s'élargissent.

Il n'est pas rare que les planchers, les poutres, les bardeaux soient *percés* d'un ou de plusieurs trous. En voici quelques exemples :

Une poutre fut percée comme par une balle d'arquebuse.

Une traverse de bois le fut comme par une balle de mousquet, ainsi que la tuile qui la recouvrait (Voigt).

Un bardeau fut percé d'un trou ovale sans fente aucune.

Une pièce de chêne sculptée présentait un trou rond de 2 pouces de diamètre (Ustick).

Une porte à deux battants de chêne massif, et fermée, fut percée à son sommet d'un trou triangulaire d'un pouce à sa base, et par lequel la foudre entra dans l'église de Ludgwan.

Parfois les planches, les poutres sont sillonnées plus ou moins profondément sans trace de brûlure.

Dans un cas cité par Mauchart, une poutre présentait un sillon net, fait comme avec un ciseau concave, sans la moindre trace de carbonisation.

(1) Voir *Journ. de Phys.*, t. LXXXIV, p. 196.

Souvent les pièces de charpente sont fendues; ainsi des pièces de bois du comble d'une maison, d'un pied d'équarrissage furent fendues dans toute leur longueur (de Quatrefages).

Il en est de même des portes; le fait suivant est, entre autres, assez digne de remarque.

Le 4 août 1720, près de Breslau, la foudre atteignit une maison qu'elle parcourut dans toute sa hauteur. Au grenier, elle fendit une porte dans sa longueur; dans l'étage au-dessous, elle fendit en éclats une autre porte et brisa un de ses montants. Au rez-de-chaussée, une porte située juste au-dessous de la précédente fut fendue et une autre porte de cette même pièce, qui conduisait dans un jardin, fut mise en éclats. Un clou qui lui appartenait fut évidemment touché.

Mais une lésion intéressante à noter est le *clivage* des poutres, des chevrons...

Un chevron de toiture, d'un demi-pied de diamètre, et placé horizontalement, fut dilacéré, suivant la direction de ses fibres (Scheuchzer).

Il est très-ordinaire de voir des poutres, des planchers, des lambris, etc., mis en pièces sans présenter le moindre signe de combustion, sans même être superficiellement noircis.

La foudre enleva des éclats d'une corniche en bois, comme l'aurait fait la hache d'un charpentier (Volger).

Quelquefois cependant on trouve des traces de carbonisation; ainsi :

Dans la boutique d'un menuisier une planche de sapin était carbonisée à la partie supérieure et séparée en deux dans la longueur d'un mètre environ (Beyer).

Il n'est pas rare enfin que diverses pièces de charpente soient arrachées, brisées, et que leurs éclats soient lancés au loin; ainsi :

Les bardeaux de chêne d'un clocher avaient été arrachés depuis le sommet jusqu'à la moitié de sa hauteur et lancés à 200 pas de là (Carstens).

Des poutres volumineuses furent lancées à plus de 30 pieds de distance (Mountaine).

(1) *Bresl. Samml.*

La pyramide en bois, haute de 70 pieds, qui surmontait le clocher de l'église de Newburg, fut mise en pièces, et ses éclats furent lancés de tous côtés, en sorte qu'il ne resta rien de cette construction (Franklin).

Fenêtres ou croisées, vitres, encadrements de plomb, châssis. — Les carreaux de vitres sont souvent fendus, plus souvent encore ils sont brisés en un grand nombre de fragments irréguliers, qui, le plus ordinairement, tombent en dehors et quelquefois en dedans, différence qu'expliquent la direction de l'étincelle, la raréfaction ou la condensation de l'air de la chambre, le sens de la secousse imprimée au bâtiment, etc.

Parfois les débris des carreaux sont lancés avec une grande violence; dans un cas cité par Mountaine, ils auraient traversé de part en part une porte opposée à la fenêtre brisée. On a vu les carreaux fracturés régulièrement en étoiles multiples.

Carreaux troués. — Nous avons réuni 17 observations de carreaux de vitre percés par la foudre. Presque toujours la perforation a eu lieu par la foudre vulgaire; deux fois seulement nous la voyons produite par la foudre en globe. Douze fois il n'y a eu qu'un seul carreau troué et un seul trou; dans les cinq autres cas, il y a eu plusieurs carreaux percés d'un ou de plusieurs trous.

Généralement les trous sont circulaires, leur diamètre varie d'une ligne à 2 pouces et demi; parfois ces trous étaient tellement réguliers qu'ils semblaient le résultat de l'action d'un foret. Il est à noter que, dans un cas, les trous multiples sur une même fenêtre étaient régulièrement de même diamètre.

Les bords de la perforation, tantôt lisses et arrondis, présentent tous les caractères de la fusion; d'autres fois ils sont anguleux comme dans la fracture, et, dans un cas cité par Bœckmann, presque tout le rebord du trou circulaire était fondu et arrondi, tandis que la portion supérieure seule, dans l'étendue de 4 lignes, était tranchante. Il paraît donc que ces trous sont dus, tantôt à la fusion instantanée

d'une petite portion du verre, d'autres fois à une force qui, à l'instar d'un emporte-pièce, coupe la lame de verre.

Assez souvent on ne trouve aucune fente aux carreaux troués; parfois, cependant, une ou deux longues fentes partent de la perforation et se prolongent jusqu'aux bords du carreau. Mais une disposition fort remarquable est celle où chaque trou est entouré de petites fentes radiées circulaires formant par leur ensemble une figure régulière.

En 1778, la foudre frappa la maison de l'ingénieur Caselli, à Alexandrie, et endommagea les vitres d'une croisée. Toutes furent percées d'un à trois trous, sans les briser, suivant leur longueur. Ces trous avaient deux lignes de diamètre environ, des petites fentes d'un demi-pouce au plus rayonnaient les bords de ces trous.

De semblables fissures ont été observées par Priestley, sur ses bocaux brisés par l'étincelle des machines (1).

Les carreaux troués peuvent en tout ou en partie être descellés.

Le 8 juin 1747, la foudre tomba, sous la forme d'un globe de feu, sur l'église des Grands-Augustins, à Paris; elle arracha hors de leur plomb presque tous les carreaux d'une fenêtre, et perça chacun d'eux d'un trou rond de la circonférence d'une balle de plomb.

Vitres fondues. — En général, la fusion des vitres est partielle.

Le 4 août 1780, la foudre tomba sur l'église métropolitaine de Narbonne, brisa quelques carreaux de verre, et en fondit les bords en plusieurs endroits (Bertholon).

En 1772, à Wettin, près de Halle, la foudre brisa les vitres d'une maison et en fondit quelques-unes. Güden cite un fait semblable arrivé à Hanovre en 1753.

Au mois de juillet 1783, à Campo Sampiero Castello (Padouan), la foudre frappa un bâtiment plein de foin qui avait des croisées garnies de vitres, n'enflamma pas le foin, et cependant fondit les vitres. Une fenêtre avait trois files verticales contenant chacune 8 carreaux ronds avec croi-

(1) *Journ. de Roziér.*

settes en verre. La foudre laissa intacts les plombs qui retenaient les carreaux, les fers transversaux sur lesquels s'appuyaient les rangées transversales, et les croisettes de verre; mais elle fondit 22 des 24 carreaux ronds. On trouva sur le plancher des globules de verre fondu ayant la forme des larmes bataviques, Le sénateur Angelo Querini envoya cette fenêtre à Padoue, et Toaldo l'avait sous les yeux en écrivant son observation.

Vitres disparues. — La foudre atteignit le château d'Upsal, le 24 août 1760, et enleva d'une fenêtre 16 carreaux de vitres sans laisser la trace du plus petit fragment,

Plomb. — Le verre d'une vitre peut fondre sans que le plomb qui l'entoure subisse l'action de la foudre. On voit même le plomb se recouvrir de substances hétérogènes transportées par le courant électrique.

C'est ainsi que le docteur Raschig a vu, en 1807, le châssis de plomb d'une fenêtre, sur lequel un rayon de foudre s'était dirigé, fondu sur quelques points et noirci dans une grande étendue, probablement par une couche de charbon et de fer.

Le professeur Pleischl rapporte que le 4 juin 1797, à Philippshofen, en Bohême, la foudre tomba sur le clocher, enleva l'or du cadran, le déposa sur le plomb de la fenêtre de la chapelle, qui fut ainsi doré sans trace de fusion.

Samuel Cooper a remarqué à Norwich, en 1758, que le plomb pouvait être déchiré sans être fondu. Dans beaucoup de cas la fusion du plomb a été très-limitée (1).

Les globules de plomb fondus sont souvent transportés à des distances assez considérables,

Le cadre ou le châssis de bois des fenêtres est quelquefois arraché, renversé dans la chambre ou lancé au dehors à une certaine distance; parfois aussi il est perforé; Güden en a observé un exemple à Eckwort en 1772.

Près d'Altenbourg, la foudre pratiqua un trou tout au plus du diamètre d'un pois au cadre de plomb d'une vitre, et alla frapper une femme qui filait près de là.

Le 10 juin 1724, à Worchester, l'étincelle fit à un carreau

(1) Voir *Acad. des sc.* (1764).

de vitre un trou du diamètre de 1 pouce et demi et atteignit mortellement une jeune dame qui se trouvait debout derrière la fenêtre fermée.

Le 29 septembre 1772, dans la nuit, la foudre éclata sur une maison, à Harrowgate, et y tua un homme dans son lit. On trouva 2 vitres de la fenêtre trouées dans leur milieu, et il semble, d'après la disposition des lieux, que l'étincelle soit entrée par cette fenêtre, attirée sans doute par une armature de fer, pour se précipiter sur le lit qui était à 10 pieds de là, et dont les rideaux étaient munis de tringles de fer plus fortes que d'ordinaire (Kirshshaw).

Le 28 mai 1820, à Prague, l'étincelle ayant atteint le barreau de fer d'une fenêtre, brisa un carreau et se jeta sur un individu qui se trouvait dans sa chambre et le blessa très-grièvement (Pleischl).

Enfin, lorsque, le 17 septembre 1780, J. Adair fut renversé et mortellement blessé par la foudre, il se trouvait dans sa chambre, debout, près d'une fenêtre fermée, et dont tous les carreaux furent tellement brisés qu'ils disparurent presque complétement (Brereton).

Lattes des cloisons. — Les lattes minces et étroites dont on se sert en France et en Suisse dans la construction des plafonds et des cloisons, sont souvent remplacées en Allemagne par des roseaux ordinaires, de la grosseur du doigt, d'une longueur de 4 à 5 pieds, placés parallèlement entre eux, à 2 pouces environ d'intervalle, et fixés, près de leurs extrémités, sur les pièces de charpente au moyen de deux cordons en fil de fer solidement maintenus par des clous. Ces roseaux ainsi disposés reçoivent et retiennent le plâtre ou le mortier qui lui-même les recouvre d'une couche peu épaisse.

Ces fils de fer et ces clous répartis en quantité considérable dans certains bâtiments, sont souvent frappés par la foudre, à laquelle ils servent de conducteurs plus ou moins parfaits; de là des lignes, des taches noires ou d'un jaune foncé qui reparaissent malgré un nouveau blanchiment. Les clous sont quelquefois arrachés, fondus; les fils, devenus

incandescents, mettent le feu aux corps sur lesquels ils sont projetés.

Le plâtre qui recouvre ces roseaux est percé, arraché, lancé plus ou moins loin, par éclats ou par fragments extrêmement ténus. On a vu la foudre suivre ces fils de fer sur une longueur considérable; dans d'autres cas, la foudre a traversé des murailles pour atteindre une de ces séries de fils de fer (Reimarus).

Le 10 août 1787, la foudre atteignit l'église Saint-Jean, à Hambourg, et se divisa en plusieurs rayons; l'un d'eux passa sur l'extérieur de la muraille d'une maison habitée, et trouva, à l'étage inférieur, près d'un poteau, un petit trou qui lui offrit passage jusqu'au fil de fer du plafond; le rayon sortit par un autre trou voisin d'un autre poteau, pour s'engager dans une maison voisine où il suivit encore le fil de fer du plafond (Reimarus).

Le 16 août 1804, les bâtiments de l'Université de Breslau furent frappés par la foudre; le professeur Tungnitz signale tout particulièrement que la foudre suivit de chambre en chambre, d'étage en étage, les fils de fer des plafonds, se subdivisant comme eux, et fracassant tout aux solutions de continuité. Grâce à la presque complète continuité de ces fils, beaucoup d'instruments scientifiques et d'objets métalliques furent épargnés.

Le 12 août 1779, dit Reimarus, une maison près de Hambourg fut atteinte par la foudre; cette maison avait un toit complétement dépourvu d'objets métalliques et de tuyaux de descente. Il n'y avait qu'un seul corps de cheminée pour toute la maison. Les murailles, les cloisons, les planchers, à tous les étages, renfermaient ces roseaux reliés par des fils de fer et recouverts de mortier, dont nous avons déjà parlé.

La foudre, après avoir frappé la cheminée et en avoir détaché un fragment, se jeta sur la série de fils de fer des cloisons, la parcourut jusqu'au sol. Partout sur son trajet du plâtre était détaché, et les fils de fer, sur ces points, étaient mis à nu, détruits ou brûlés; la foudre avait épargné complétement les glaces, les dorures, les instruments domesti-

ques en métal. Aucune poutre, aucune croisée ne fut brisée. Le système de fil de fer des cloisons avait formé un conducteur assez parfait pour préserver les habitants et les meubles des atteintes de la foudre.

On comprend par cet exemple combien les maisons de fer, par leur charpente, par leurs colonnes, par les barres qui empêchent l'écartement des murailles, des cheminées, par les devantures métalliques, quand ces pièces sont bien reliées entre elles métalliquement deviennent de puissants agents préservateurs de la foudre.

Foudre pénétrant dans les caves. — Les caves ne sont point des asiles sûrs contre la foudre.

La présence de quelques tuyaux métalliques, les grilles de fer des soupiraux, les ferrures des portes ont servi quelquefois d'entrée à la foudre dans les caves.

Le 30 juillet 1770, le météore frappa, près de Mannheim, le château du comte de Wieser. Un de ses rayons passa sur le grillage en fer d'une fenêtre et de là, 3 pieds au-dessous, sur le grillage, également en fer, du soupirail d'une cave, pénétra dans cette cave, en courant le long de son mur humide, et fit un trou dans le sol où il se perdit (Hemmer).

La foudre peut être amenée au soupirail d'une cave par une conduite métallique.

D'autres fois enfin, c'est réellement par la voûte même de la cave que la foudre y pénètre.

Le 1er juin 1761, la foudre atteignit la maison d'un garde forestier, près de Nimbourg. Un de ses rayons passa sur un poêle en fer, et, après avoir brisé les briques sur lesquelles il était placé, il traversa le plancher et pénétra dans la cave, puis dans la terre, où il fit un trou d'un demi-pied de profondeur. Un autre rayon suivit une autre direction dans la première partie de son trajet ; dans la seconde, il passa également dans la cave (Reimarus).

En 1747, le météore tomba sur la tour de Kaufhaus, à Mannheim ; après avoir parcouru des tuyaux et des fils de fer, il traversa le sol en arrachant et brisant les dalles qui le

couvraient, puis il perça la voûte d'une cave pour se perdre dans la terre. (Hemmer).

Dans les catacombes. — Nicolas Palmstiern rapporte que la foudre tomba, en 1719, sur le faîte de l'église de Solna. Elle pénétra sous l'autel, dans un tombeau, et de celui-ci dans plusieurs autres, jusqu'au-dessous de la sacristie. Alors elle troua le sol, pénétra dans la sacristie et remonta jusqu'au faîte; pour sortir, la foudre perça une pierre épaisse à la façon d'une mèche. L'ambassadeur russe, le comte Ostermann, fut témoin de ce fait que Bergman a aussi consigné dans ses écrits.

Dans les mines. — Dans la soirée du 28 mars 1845, dit M. Reich (1), un violent orage éclata sur les environs de Freiberg, et, entre 10 et 11 heures, la foudre atteignit le bâtiment contenant la machine d'extraction du puits de Bescheert Glück : il était muni de son paratonnerre. Un ouvrier, alors employé dans ce bâtiment, vit le météore s'enfoncer dans le puits de la mine, le long du gros fil de fer destiné à faire, à l'aide d'une cloche, les signaux de l'intérieur à l'extérieur. Ce fil est fixé au moyen de crampons de fer au revêtement en bois toujours humide des galeries. Un autre ouvrier se trouvait dans la 6e galerie, à 1,182 pieds de distance oblique et verticale, et en un point de la mine où le fil de fer mentionné était interrompu. Il vit partir de cette extrémité une lueur brillante accompagnée d'une explosion semblable à celle d'une arme à feu. L'explosion, heureusement, ne lui causa aucune sensation particulière, ne fit aucun dégât et ne développa aucune odeur. Ainsi l'étincelle foudroyante suivit le fil de métal dans une longueur de 1,182 pieds de Dresde, pour éclater à son extrémité, où elle aurait pu occasionner de grands accidents, et peut-être même la mort de l'ouvrier, s'il avait été très-rapproché du fil ou s'il l'avait tenu dans la main.

Il est fort remarquable qu'un accident analogue se soit passé le 16 juin 1787, dans le même puits de la même mine.

(1) *Uber die Wirkung einiger Blitzschlages in Freiberger Gruben. Poggendorff's Ann.*, t. LXV, p. 607.

Au rapport du conducteur Mosdorf, 8 ouvriers, qui se trouvaient dans le puits, virent le feu descendre le long du fil métallique jusqu'à la 3e galerie, alors la plus profonde et entendirent une faible explosion. L'un d'eux crut recevoir un coup à la jambe, et se demanda si on ne l'avait pas frappé; un autre, placé près du fil de la 1re galerie, se sentit comme soulevé.

La foudre qui éclate parfois au-dessus d'une mine exerce son action à une grande profondeur par l'intermédiaire de conducteurs métalliques (1).

Dans la nuit du 12 au 13 juillet 1864, un orage des plus violents se déchaînait sur le département de la Creuse, et le tonnerre tombait sur la charpente qui supporte les poulies du puits Saint-Augustin, situé dans la partie sud du bassin houiller d'Afrun.

Après avoir noirci complétement les piliers, le fluide a suivi l'un des câbles en fer qui servent à descendre et à remonter les bennes, et est allé se perdre dans le puisard, qui n'est pas à moins de 90 mètres de profondeur.

Aucun des ouvriers occupant les postes de nuit n'a été atteint. Un seul des témoins de l'accident, le nommé A. Rémond, dit le Major, a subi l'influence du fluide, qui l'a renversé sans toutefois lui faire la plus légère blessure.

Le fait que nous venons de relater prouve évidemment que l'ensemble des charpentes, des câbles en fer et du puisard, lorsque l'une des bennes plonge dans l'eau, constitue un véritable paratonnerre dont l'effet est de garantir de la foudre les ouvriers occupés dans les galeries.

Mais que l'orage éclate pendant que les mineurs descendent dans le puits ou en remontent, les deux bennes se trouvent alors suspendues dans le vide, et le fluide électrique, ne pouvant, par conséquent, descendre jusqu'au puisard, met en danger la vie des hommes.

Il serait facile de parer à ce grave inconvénient en séparant, au moyen d'isolateurs, les poutres de la charpente, et en élevant une sorte de dôme léger surmonté d'une tige en

(1) *Voir : Ann. de Poggend.*, t. LXV (1845).

fer d'où partirait la chaîne de même métal qui doit servir de conducteur au fluide (1).

Amas de bitume, de charbon de terre. — En 1758, la foudre frappa une montagne dans l'île de Corse : depuis ce moment elle est tout embrasée, probablement parce que le feu a été mis à des schistes bitumineux (2).

Magasins à laines. — Trois fois on a vu la foudre tomber sur un magasin de laines très-important ; ce fait que nous allons rapporter a été observé par M. Fréd.-Aug. Serno, négociant à Belzig (Saxe).

La foudre tomba pour la première fois le 4 juillet 1794, à 11 heures du matin : le magasin contenait dans ses trois étages cent mille livres de laines récemment emmagasinées et qui pouvaient avoir donné lieu à de fortes exhalaisons. Ce qui pourrait faire supposer que cette masse exerçait une certaine attraction sur la nuée orageuse, c'est que cinq minutes avant le coup de foudre, on vit sautiller sur le toit, comme des couleuvres, une immense quantité de flammes bleues.

Le deuxième coup eut lieu en 1811, le même jour, presque à la même minute ; mais cette fois le météore occasionna un incendie.

Un paratonnerre fut placé, et le 2 septembre 1819 il fut frappé sans que le bâtiment en eût souffert aucunement, bien que, dans ce cas comme dans les deux premiers, le magasin fût rempli de laines.

La foudre tomba dans un grenier où était accumulée une assez grande quantité de laines ; elle traversa cet amas pour se jeter sur l'ancre d'une balance fixée dans le plancher. La laine avait été percée d'un trou en entonnoir et plutôt roussie que brûlée.

Ce triple fait peut-il faire croire à une action spéciale de la laine sur la foudre ? ou bien faut-il accuser la forme et la position du bâtiment ?

(1) *Moniteur universel* du 19 juillet 1864.
(2) *Crell's Ann.*, p. 285 (1785).

Écuries. — La foudre a plusieurs fois atteint des écuries où elle a blessé ou tué un grand nombre d'animaux.

Souvent elle a mis le feu à la toiture en chaume et à la litière.

Parfois, au contraire, elle a paru s'éteindre ou se perdre dans le sol humide ou inondé par une pluie d'orage.

Mais il est une circonstance qui mérite plus spécialement de fixer notre attention; il s'agit de la présence de diverses pièces de fer qui entrent dans la construction du *râtelier* et de la *mangeoire*, et qui peuvent attirer l'étincelle sur les animaux attachés près de là : ainsi :

En 1769, la foudre, ayant pénétré dans l'écurie du grand-duc de Scheweringen, sauta sur les râteliers garnis de fer et tua un cheval (Hemmer).

La mangeoire est souvent bardée dans toute sa longueur d'une bande de fer principalement destinée à empêcher les chevaux de tiquer. On comprend dès lors que l'étincelle la suive dans toute sa longueur, mais que, ne trouvant pas toujours en elle un conducteur suffisant, elle dévie ou lance des rayons partiels sur les chevaux dont la tête et le cou sont très-près de la bande de fer ou en contact avec elle.

Cette marche de l'étincelle et ses effets sur les chevaux sont indiqués dans l'observation suivante de M. Toscan.

La foudre pénétra dans une écurie dont le râtelier était attaché au mur. Le météore avait laissé sa trace de l'un à l'autre cheval le long de la mangeoire.

Dans les deux cas que nous allons citer, l'étincelle a très-probablement aussi suivi la bande de fer de la mangeoire, quoique cette bande n'ait présenté aucune trace de son passage.

Le 2 août 1785, la foudre pénétra dans une écurie du roi, à Rambouillet; 30 chevaux sur 32 furent renversés et 2 d'entre eux succombèrent. La mangeoire, dans toute son étendue, était bordée d'une bande de fer (l'abbé Tessier).

Même accident est arrivé, le 9 septembre 1843, dans une écurie de la caserne de Fougères (Ille-et-Vilaine); 8 chevaux sur 13 furent frappés.

Il est probable que les chevaux atteints étaient ceux qui

avaient, en cet instant, la tête en contact avec la bande de fer placée le long de la mangeoire (Blondeau).

De pareils accidents nous engagent à proposer non-seulement d'établir des paratonnerres extérieurs sur la toiture des écuries, mais d'apporter quelques modifications à la construction du râtelier et de la mangeoire. Il conviendra, par exemple, d'éviter autant que possible, pour le premier, l'usage de pièces de fer ; quant à la mangeoire, si l'on ne peut remplacer la bande de fer par un corps non métallique, et cependant suffisamment dur et résistant, il sera utile d'adapter à ses deux extrémités et à sa longueur, d'espace en espace, des barreaux métalliques qui pénétreront verticalement dans le sol.

Tendance de la foudre à frapper les granges. — Benj. Silliman, J. Cozzeus et divers auteurs ont regardé les granges comme plus fréquemment atteintes par la foudre qu'aucune autre nature de bâtiment. Il faut pourtant reconnaître que le nombre des observations qui ont été publiées dans les recueils scientifiques ne semble point justifier cette assertion (1).

Le 25 août 1827, à Alais, un vaste grenier contenant mille quintaux de fourrage entassés depuis deux mois au plus, fut incendié et totalement détruit par la foudre (2). Il n'y avait qu'un étage, aucun objet métallique n'armait la toiture ; aussi peut-on considérer que cette masse de foin était douée d'une force attractive. Ce qui peut corroborer cette idée, c'est que des maisons élevées avoisinaient ce dépôt de fourrage, et que le clocher de la cathédrale, surmonté d'une croix et d'une pyramide en fer, devait le protéger contre l'action de la foudre.

Les auteurs qui croient à cette tendance de la foudre à tomber sur les granges en donnent comme cause les vapeurs qui s'élèvent de cette masse, et leur conductibilité pour l'électricité.

(1) *Americ. J.*, t. III. p. 345 (1821) ; — *Transact. of Americ., Instit. New-York*, p. 523 (1846).

(2) *Hist. et mém. de l'Acad. roy. des sc. de Toulouse*, t. VI, 1re part. p. 8 (1843).

Moulins à vent. — Les moulins à vent sont souvent frappés de la foudre en raison de leur situation généralement isolée sur quelque hauteur; de leur construction élevée; des nombreuses et volumineuses ferrures de leur machine, ainsi que des chaînes, des balances destinées à hisser les sacs, à les peser. Si le météore atteint la partie supérieure de la machine, il passe de fer en fer en brisant ou incendiant le bois intermédiaire; puis, arrivé au bas, il se divise pour se jeter sur les corps voisins et notamment sur les personnes qui surveillent la mouture.

Le fait suivant est de notre collection celui qui nous paraît le plus intéressant; il a été recueilli et publié en hollandais par Villem Van Barneveld.

Le 22 août 1780, à 8 heures du matin, la foudre tomba sur le moulin le Valk, à Amsterdam, dont les ailes étaient alors au repos dans le vent sud-ouest. Le météore frappa l'aile supérieure; elle fut brisée, malgré sa grosseur, et l'une de ses parties tomba et s'enfonça dans le sol par sa pointe. La matière fulminique passa de cette aile dans l'intérieur du moulin pour se jeter d'abord sur l'appareil en fer qui soutenait l'extrémité supérieure de l'arbre de la machine, puis sur l'arbre lui-même, qui fut très-endommagé. En effet, un énorme fragment, de la longueur d'un homme et de 10 à 12 pouces d'épaisseur, en fut arraché, et le reste fut complétement fendu. Puis elle passa sur le pivot supérieur du grand essieu, pour gagner la ferrure de sa partie inférieure; mais, pour l'atteindre, elle fendit, fracassa et incendia le bois intermédiaire. Une des quatre bandes de cette armature présentait l'aspect d'un fer qui a été chauffé au rouge, et l'on trouva de la rouille sur le plancher. De cette ferrure la foudre passa sur celle de l'extrémité supérieure de l'essieu moyen, après avoir gravement endommagé l'engrenage correspondant en bois. L'essieu, très-épais, fut fendu de haut en bas dans presque toute son épaisseur. Suivant alors son axe en fer, ainsi que les ferrures des meules et le petit essieu, elle arriva à son extrémité inférieure, qui pivotait dans le réservoir d'huile. En ce point, ne trouvant plus de conducteur continu, elle sauta sur une barre de fer, et en se

divisant, elle atteignit l'étui en bois destiné à conduire la farine; elle atteignit aussi la corde du levier servant au jeu des meules. L'étui fut complétement détruit et la corde fut brûlée en partie. Deux aides-meunier se trouvaient à cet étage. L'un, frappé mortellement, était assis sur un petit banc en bois recouvert de paille et de cuir; l'autre était placé à deux pas du banc, vers le milieu de la chambre; il n'éprouva qu'une vive frayeur. Le premier, à la distance d'un pied de l'entrée, tenait la corde du levier de la main droite. Comme l'étui et la corde se terminaient à la moitié de la hauteur de l'étage, le fluide électrique se jeta sur l'ouvrier qui lui servit de conducteur. Il s'échappa par le pied gauche dont il brisa la chaussure; puis, après avoir fait à la muraille de bois et au chaume, qui fut brûlé, un trou de 4 pouces de diamètre, il suivit, sur une largeur également de 4 pouces, le trajet indiqué en brûlant les extrémités du chaume. Arrivé à la petite toiture d'un pied de saillie, il fit un bond pour atteindre le corps du bâtiment; mais au point d'incidence il fracassa les briques et s'y pratiqua un trou de 2 pieds de diamètre. Enfin il suivit la muraille dans une direction oblique et disparut dans le sol. Ajoutons que dans la proximité des ailes, la foudre, en jetant de nombreuses étincelles, avait brûlé le chaume en 22 places, et que, dans l'intérieur du moulin, le chaume fut encore brûlé dans un espace circulaire de 7 à 8 pieds. L'intéressante relation de Barneveld contient plusieurs autres détails que nous avons placés et utilisés dans diverses parties de notre traité.

Orgues. — La foudre qui pénètre dans les églises se jette souvent sur l'orgue, vaste appareil fixé ou soutenu par des écrous, des chevilles et des barres de fer, et dont les tuyaux métalliques sont en communication par des fils d'archal ou par des tiges de fer avec les claviers et les pédales.

Quelquefois, sans lésions apparentes, les sons de l'orgue sont modifiés; ainsi l'orgue de l'église d'Œsterwahla ne donnait plus un son net. Il est vrai qu'une épaisse vapeur avait pénétré dans ses tubes (Feldstrom).

Les tuyaux, ordinairement faits d'un alliage de plomb et d'étain, conduisent quelquefois le fluide électrique, sans en

recevoir aucun dommage; mais parfois ils sont écrasés, fondus ou percés, et l'instrument n'est plus d'accord, comme on l'a constaté, en 1760, sur l'orgue d'Altona; en 1768, sur celui de l'église de Jacobi, à Rostock. Plusieurs tuyaux de l'orgue de l'église de Segeberg, frappé en 1769, étaient les uns déplacés, les autres écrasés et d'autres percés en plusieurs endroits.

Parfois les dégâts portent sur d'autres parties de l'instrument; les fils métalliques sont fondus ou brisés, les planchettes déplacées, les barres horizontales de bois qui répondent aux pédales sont fracassées, les dorures altérées; l'armoire est brisée; le soufflet lui-même est percé ou écrasé; ainsi:

La foudre qui atteignit l'orgue de l'église de Sainte-Catherine de Voghera se borna à fondre quatre des fils d'archal qui unissent les registres de l'instrument (Rozier).

En 1787, l'orgue de l'église de Saint-Nicolas, à Toulouse, eut sa console fendue. Un grand nombre de fils de cuivre étaient hors de place, des planchettes mobiles rejetées en dehors, quelques tuyaux bouchés, d'autres déplacés et des jeux entiers totalement dérangés. A 10 pieds au-dessus du plancher de l'orgue s'avançait une grosse barre de fer par laquelle toute cette machine était assujettie au mur; c'est sur cette barre que se porta surtout le fluide électrique (L'abbé Martin).

La foudre qui, le 7 juillet 1787, tomba sur la cathédrale de Vevey, se divisa en plusieurs rayons dont l'un se précipita sur l'orgue; les tuyaux, étant conducteurs, n'eurent aucun mal; mais l'étincelle se jetà au-dessous, sur les tiges de fer verticales qui, par le moyen d'une traverse de bois horizontale, communiquent aux registres. Après avoir suivi deux de ces tiges de fer, elle se porta sur la traverse de bois, qui fut brisée; l'explosion ouvrit la porte du clavier, repoussa quelques registres et brisa une planche de l'armoire. Des débris de la console de la galerie furent jetés par dessus l'orgue sur les soufflets. Une circonstance paraît démontrer que le fluide s'est ramifié dans l'orgue: en effet, six colonnes carrées, de bois, qui soutenaient la galerie de l'instrument et qui étaient

appuyées contre le mur, furent fendues et écartées de plus de 1 pouce du mur (Reynier).

Baromètres. — Quand la foudre atteint les baromètres à mercure, elle les brise, ou bien elle chasse le mercure en tout ou en partie : dans ce dernier cas, l'air pénètre à la place du mercure déplacé (Voir *Transport*).

Le 1er juin 1761, près de Newburg, la foudre pénétra par la cheminée jusque sur un poële de fer. Dans la même chambre, à 12 pieds de ce poële, se trouvait près de la fenêtre un baromètre dont le mercure sortit en grande partie. L'air atmosphérique avait pénétré dans le tube sans que celui-ci eût éprouvé la moindre lésion (Guden et Krack).

Le 6 septembre 1756, la foudre tomba sur le château de Chignac, en Auvergne, et pénétra dans une salle au mur de laquelle était suspendu un très-bon baromètre. Le mercure s'était précipité au bas du tube; la colonne qu'il y formait était tantôt au niveau, tantôt au-dessus et quelquefois même au-dessous du mercure renfermé dans la cuvette; le tube n'était aucunement fêlé. Il va sans dire que ce baromètre était hors de service.

Cette sortie du mercure est probablement due à l'attraction violente de la foudre pour les métaux et à la rentrée de l'air par suite du déplacement du métal.

Aiguilles aimantées du galvanomètre. — Dans la nuit du 6 au 7 juillet 1843, un violent orage éclata sur Bruxelles, et la foudre tomba en plusieurs endroits. Le *galvanomètre* de l'observatoire était en communication d'une part avec le sol, et de l'autre avec une pointe métallique sur le toit de l'établissement. Or la quantité d'électricité conduite par le fil fut suffisante pour troubler entièrement le système des deux aiguilles aimantées du *galvanomètre* et pour le faire dévier d'une manière *permanente* de plus de 24° de sa position primitive (1).

(1) Quételet. *Acad. des sc. de Bruxelles*, 8 juillet 1843; — l'*Institut*, t. XI p. 297.

Foudre suivant le même trajet à plusieurs années d'intervalle. — L'église d'Anscharius, à Bremen, a un clocher de 330 pieds de hauteur. La foudre l'atteignit, en 1746, en 1755 (2 fois en 15 minutes), en 1756 et en 1770, et chaque fois elle prit le même chemin. Elle frappa d'abord le toit couvert en cuivre et parvint jusqu'à l'horloge; puis elle descendit par des tringles de fer dont les plus minces avaient un demi-pouce à 5/8 de pouces de diamètre, jusqu'au cadran placé dans l'église même, au-dessus de la tribune de l'orgue; mais là, ne trouvant plus de conducteur continu, elle causa quelques dommages au cadran, à son aiguille, ainsi qu'aux objets voisins et plus particulièrement aux tuyaux de l'orgue; puis, par des sauts sur différents clous et crampons qui fixaient la boiserie, elle gagna le sol. En 1755, immédiatement après le premier coup, plusieurs personnes vinrent en hâte voir les dégâts qu'il avait occasionnés. Malheureusement un second coup ayant eu lieu 15 minutes après, l'une d'elles, qui se trouvait entre le cadran et un fort crampon de fer destiné à fixer la tribune de l'orgue, fut tuée, et plusieurs autres furent plus ou moins gravement blessées.

En 1771, Reimarus établit sur cet édifice un paratonnerre à plaques de cuivre. Cette même année, au mois d'août, la foudre atteignit ce clocher. Elle le frappa encore en septembre 1772; mais chaque fois le météore suivit le paratonnerre sans causer aucun dégât à l'intérieur.

Foudre pénétrant dans l'intérieur d'un bâtiment par les ferrures des poteaux. — La foudre suit parfois les barres de fer verticales qui, des toits ou des combles, pénètrent dans l'intérieur des maisons ou des édifices. Citons ici un exemple de l'immense danger d'une pareille disposition.

La foudre qui, au rapport de Bœckmann, tomba, le 25 juin 1794, à Dribourg, sur une salle de bal, se divisa au sommet du toit, près de la cheminée, en deux rayons. — L'un atteignit un des chevrons de la toiture et le réduisit en bûchettes sans trace aucune de carbonisation; puis il se porta sur une

gouttière en fer-blanc, la parcourut en remontant dans le goulet du frontispice et en suivant à peu près cette direction : ——/\—— pour se perdre à 200 pieds du point frappé, sur un pilier de chêne qui fut brisé. — Le second rayon descendit le long d'un poteau perpendiculaire qui servait d'appui au pointal, le brisa et atteignit une tige de fer qui en occupait le centre. Il fut ainsi conduit jusqu'à une barre de fer qui, enclavée dans l'épaisseur du plafond de la salle, servait à suspendre un lustre de verre. — Des deux extrémités de cette barre partit une étincelle; l'une tua une jeune personne qui se trouvait au-dessous; l'autre se jeta obliquement en bas et entr'ouvrit le plancher.

Conduction intérieure remarquable par différents objets métalliques. — Nous réunissons dans ce paragraphe quelques exemples remarquables d'attraction et de conduction de la foudre par divers objets métalliques contenus dans l'intérieur des édifices et des maisons, objets autres que ceux que nous avons signalés jusqu'à présent.

Bertholon rapporte que, le 4 août 1780, la foudre tomba sur l'église métropolitaine de Narbonne. Après avoir brisé une petite pyramide et quelques ornements en pierre qui sont au-dessus d'une plate-forme, elle mit en pièces quelques carreaux de vitre, pénétra dans le sanctuaire, et suivit en serpentant le crépi intérieur de la voûte pour arriver à la chaîne d'une lampe. Elle parcourut cette longue chaîne qui s'étendait du sommet de la voûte à une lampe suspendue à 3 pieds 6 pouces du sol. Là elle fit un bond de 4 pieds 3 pouces sur une rampe de fer qu'elle suivit; puis elle fit un autre bond sur une porte de fer voisine qui la transmit à la terre. Des marques de fusion existaient sur ces divers corps métalliques. Sans la présence de ce conducteur interrompu, quatre personnes près de l'autel, et, par conséquent, peu éloignées de la lampe auraient très-probablement été les victimes du feu électrique. Si de la lampe au panneau de cuivre, de la rampe et de celle-ci à la porte on avait placé une simple verge de fer, le conducteur était complet, et la foudre eût été conduite, peut-être même sans bruit, jusqu'à la terre.

Nous verrons la foudre atteindre souvent les pompes et les archipompes des navires, s'y trouver un conducteur utile; le même phénomène a été observé dans une maison. M. le professeur Olmsted rapporte que le météore étant tombé sur une maison, pénétra dans la cuisine, se jeta sur la poignée en fer d'une forte tige de cuivre appartenant à une pompe, et fut ainsi conduit jusque dans un puits profond. Une domestique, qui en ce moment tenait la poignée en fer fut renversée et perdit connaissance pendant quelque instants; ce fut le seul accident qui eut lieu.

Dans la nuit du 2 au 3 novembre 1775, la foudre tomba sur une maison à Béziers; elle entra par une lucarne assez élevée qui se trouvait ouverte et dans la direction de l'orage; elle perça une cloison et se porta aux gonds d'une porte qui était au-dessous, au troisième étage, et la brisa...

Puis, après avoir percé le plancher, l'étincelle se jeta sur une autre porte qu'elle traita comme la première; alors elle se divisa en deux rayons dont les trajets se prolongèrent jusqu'au milieu du premier étage où ils se réunirent en un point commun correspondant à une batterie de cuisine en cuivre et en fer et à une balance *romaine*. Du poids de cette balance, l'étincelle fit un écart qui ne s'expliqua que, lorsqu'après avoir déplacé une armoire, on trouva suspendue derrière une autre balance romaine. Du poids de cette deuxième balance l'étincelle fit un trou au plancher, et gagna le rez-de-chaussée pour s'élancer sur une huppe de fer, et ensuite sur un des barreaux de fer perpendiculaires à l'imposte de la porte d'entrée (Bertholon).

Trajet multiple. — La foudre qui tomba, le 25 août 1780, sur le clocher et le monastère de Saint-Vincent, au château de Milan, suivit d'abord la coupole recouverte de plomb, puis, après avoir fortement ébranlé les piliers de cette coupole, elle se jeta dans le clocher sur les fils de fer qui servent à frapper les cloches, et non pas sur les cordes en chanvre qui servent à les mettre en branle. — Plus bas, une portion de la foudre pénétra dans le monastère en suivant les fils de fer des sonnettes, et pénétra ainsi jusqu'à la con-

cierge, et une autre se jeta sur une toiture de plomb et sur une conduite en cuivre remplie d'eau ; comme le tube n'arrivait pas jusqu'au sol, il fut endommagé et en partie fondu près de l'extrémité libre (Landriani).

Le 30 juillet 1770, la foudre frappa le château du comte de Wieser, près de Mannheim. Elle atteignit d'abord la boule de fer-blanc qui surmontait une des tourelles, et courut sur son arête en plomb jusqu'à la corniche. Ici elle fit un bond de 11 pieds pour arriver sur l'arête en plomb du corps du bâtiment, et la suivit jusqu'au bas d'une cheminée. Alors elle descendit sur deux lignes de plomb jusqu'à la corniche ; en cet endroit elle pénétra dans l'intérieur par les extrémités des fils de fer des lattes des plafonds, et parcourut en se divisant ces fils ainsi que des fils de fer de sonnettes. Un de ses rayons sortit du bâtiment en perçant l'encadrement en pierre d'une fenêtre, passa sur le grillage en fer de cette fenêtre, et delà à 3 pieds au dessous sur le grillage également en fer du soupirail de la cave, puis il courut le long de la muraille humide de cette cave, et fit un trou dans le sol où il se perdit (Hemmer).

CHAPITRE IV

EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES NAVIRES

SOMMAIRE. — Effets de la foudre sur les mâts. Mâts brisés, coupés en tronçons, fendus, clivés, sillonnés, perforés, soulevés. Altération du centre des mâts. — Lésions des vergues. — Lésions des voiles. — Répartition des coups de foudre sur les différents mâts.— Lésions sur le pont, dans l'intérieur du navire. — Incendies. Navires détruits par l'incendie. — Explosion des magasins à poudre. — Ébranlement des navires. — Navires fendus en deux. — Navires disparus. — Effets de la foudre sur les objets métalliques à bord des navires. Chronomètres. Boussoles. — Voies de sortie de la foudre. — Foudre en globe à bord des navires. Bruit de l'explosion. — Phénomènes lumineux. — Odeur et vapeur répandues dans les bâtiments foudroyés. — Répartition des coups foudroyants suivant les latitudes. — Navires foudroyés plusieurs fois pendant un même orage; à quelques années de distance. — Coups de foudre remarquables par le nombre des tués et des blessés. — Lieux où les hommes sont le plus fréquemment atteints.

Navires. — Nous examinerons successivement les effets de la foudre sur les différentes parties du bâtiment, sur le bâtiment lui-même, sur l'équipage.

Effets de la foudre sur les mâts. — *Mâts brisés.* La foudre brise souvent les mâts des navires, parfois même elle les réduit en fragments des plus ténus.

En novembre 1790, à Portsmouth, la foudre atteignit le grand mât du vaisseau de ligne *l'Éléphant*, de 74, et bien que ce mât eût environ 3 pieds de diamètre et plus de 110 pieds de longueur, elle le fracassa dans toute sa hauteur et mit en morceaux tous ses anneaux de fer.

Le *Russel* fut foudroyé à 3 lieues de Belle-Ile, le 5 octobre 1795 : le grand mât et le mât d'artimon furent foudroyés dans toute leur étendue et tellement endommagés qu'ils ne pouvaient plus porter de toile quand il ventait frais. Pour peu que le vent eût duré, ce bâtiment se serait infailliblement perdu sur les côtes de France.

Le capitaine Cook rapporte que, à Batavia, le 10 octobre 1770, un bâtiment hollandais fut frappé par la foudre; le grand mât de hune et le grand mât de perroquet furent mis en pièces : ce dernier était surmonté d'une verge de fer qui probablement attira la foudre.

Le grand mât du *Súrinam* fut fendu le 11 novembre 1806, un de ses fragments s'enfonça dans le pont et détruisit la cabine placée au-dessous (1).

En septembre 1833, dans l'océan Indien, le grand mât du *Hyacinth*, qui avait 44 pieds de longueur, 14 pouces d'épaisseur et pesait 1,200 livres fut réduit en pièces par un coup de foudre.

L'*Orlando*, le *Bellerophon* éprouvèrent de semblables dégâts ; dans quelques cas, les mâts furent brisés en mille pièces, et disparurent en totalité ou en partie.

En mars 1813, le vaisseau anglais de 44, *la Clorinde*, fut foudroyé sur la côte est de Ceylan; le grand mât fut mis en pièces, il n'en resta qu'un tronçon, et le grand mât de hune fut coupé en deux.

Le 23 janvier 1749, le vaisseau hollandais le *Diamaten*, de 64, allait de Malaga à Lisbonne ; il fut foudroyé et son grand mât réduit en si petits fragments qu'un homme seul suffisait à porter le plus gros de ses débris (1).

Le 4 juillet 1804, la corvette *la Mignonne*, allant à Port-Royal (Jamaïque), fut frappée de la foudre. Le grand mât de hune fut brisé en plus de cinquante fragments dispersés dans toutes les directions; et le grand mât fut fendu jusqu'à la contrequille.

Pendant une nuit d'automne de l'année 1806, *le Pélican* fut assailli dans la baie de Honduras par un orage terrible; la foudre tombait à chaque instant sur la terre et sur la mer. Elle atteignit *le Pélican*, fracassa en atomes le grand caçatois, le mât de grand perroquet ainsi que le grand mât de hune, et dispersa les fragments de ces masses énormes à une telle distance qu'on n'en pût retrouver de quelque grandeur; puis l'étincelle courut sur une ligne spirale autour du grand mât au pied duquel elle disparut (capitaine Ward).

La foudre qui frappa *le Rodney*, de 80, le 7 décembre 1838, devant Syracuse, fit d'énormes ravages sur les mâts. Le grand mât de perroquet fut atteint le premier ; il pesait 800 livres, et telle fut la violence de l'explosion qu'il fut instanta-

(1) *Naut. mag.*, XII. p. 669.
(2) *May schifs lieutenant, haarlemsche Verhandl*, t. XII, D., p. 391.

nément réduit en copeaux qui flottèrent le long du vaisseau comme les rebuts d'une boutique de charpentier. Le grand mât de hune fut très-gravement endommagé, un morceau de 10 pieds de long lui fut arraché ; et quant au grand mât, qui avait 2 pieds 6 pouces de diamètre et 87 pieds de long, et dont les ferrures pesaient plus d'une tonne (2,000 livres) il fut ravagé dans une longueur de 53 pieds.

Treize de ces énormes cercles de fer éclatèrent, et plus tard, à Malte, on trouva le cœur de ce mât complétement carbonisé.

Le chouquet du grand mât fut fendu; le feu prit au grand hunier; quant au mât de cacatois, il s'affaissa sur les barres traversières sans être endommagé par la foudre qui était tombée obliquement sur le mât de perroquet.

Grâce à la fermeté des officiers et à la parfaite discipline à bord, on put combattre le péril et éteindre l'incendie.

Mâts brisés ou coupés transversalement en plusieurs tronçons. — Le vaisseau de ligne français *le Golymin*, allant de Lorient à Brest, fut foudroyé dans la nuit du 21 au 22 février 1812. La foudre tomba sur le mât d'artimon et le jeta sur la dunette : il avait été brisé en trois. Le fragment du milieu, de près de 4 mètres de longueur, disparut en totalité.

Éclats projetés au loin. — Malgré leur énorme volume, les débris des mâts ont été parfois lancés à de grandes distances.

Le 8 octobre 1809, *la Désirée*, de 36, fut frappée dans le port Antonio à la Jamaïque ; les débris de ses mâts furent lancés à de grandes distances, et suivant le rapport de l'amiral Ross qui commandait ce bâtiment, une partie du mât de hune fut trouvée, le lendemain matin, enfoncée dans la boue d'un des côtés du port, et une autre partie dans un chantier opposé.

Mâts fendus de haut en bas. — Les mâts sont quelquefois fendus de haut en bas.

Le sloop l'*Albacore* fut frappé en 1798 dans les Indes occidentales : le mât de perroquet et le mât de hune furent entièrement détruits et le grand hunier embrasé. Quant au grand mât, il fut fendu jusqu'au pont.

En 1838, le *Swallow* eut son grand mât de cacatois et son

grand mât de hune fendus, Il en fut de même du grand mât depuis les jottereaux jusqu'au pont : plusieurs fragments en furent détachés.

Les bas-mâts sont quelquefois fendus au-dessus du pont et même jusqu'à la quille. Le *London, la Thétis, la Mignonne,* en ont offert des exemples.

Le 29 août 1821, la foudre fendit de haut en bas le mât d'un bateau dans le département de Maine-et-Loire.

Mâts clivés. — Le clivage des mâts est analogue au clivage des arbres; on l'a observé sur tous les mâts. Il arrive parfois que le cœur seul du mât est clivé, et que l'enveloppe reste intacte.

Le *Blake,* de 74 canons, fut foudroyé en mars 1812; le mât de perroquet était en sapin vert; il fut divisé en longues fibres dans toutes les directions, au point de figurer un arbre avec ses branches.

En septembre 1833, dans l'océan Indien, deux décharges successives atteignirent le *Hyacinth;* le mât de perroquet et le mât de hune furent littéralement réduits en une masse de lattes, et pouvaient à peine se maintenir.

Le *Sheldrake,* de 16, fut frappé, étant à l'ancre à l'embouchure du Great-Belt, le 23 juin 1811. Le mât de grand perroquet et le grand mât de hune furent fendus en fragments rubannés et le grand mât avait l'apparence d'un faisceau de lattes.

L'observation suivante nous offre un double intérêt par le clivage d'un mât et l'évidement d'un autre.

Le Sultan, de 74, était, le 19 septembre 1812, devant l'île de Tavolaro (côte nord de Sardaigne), lorsqu'il fut foudroyé. Le grand mât de hune fut fendu en lattes et resta debout pendant quelques minutes, mais bientôt il tomba avec un fracas horrible, lorsqu'on mit le bâtiment au vent; et telle fut sa destruction que le pont fut complétement couvert de ses débris en copeaux. En outre le cœur du grand mât fut entièrement enlevé; son enveloppe présentait un ou deux trous suffisamment grands pour qu'un petit garçon pût s'y glisser et pénétrer dans l'intérieur évidé d'où s'échappaient en grande abondance les copeaux et rognures. Ce ne fut

qu'avec beaucoup de soins et d'efforts qu'on put réparer ce mât assez bien pour l'empêcher de tomber.

Dans l'exemple suivant le clivage du mât resta inconnu pendant près d'un mois.

Le *San-Josef*, de 120 canons, était dans la Manche, le 11 décembre 1803, lorsque son grand mât fut frappé obliquement par la foudre. Sur toute sa surface, depuis le dessous de la hune, il était légèrement brûlé et plusieurs de ses cercles de fer étaient déplacés. Ce mât ne parut pas gravement endommagé, mais les charpentiers de deux bâtiments voisins se crurent néanmoins obligés de le jumeler. Le *San-Josef* se rendit à Plymouth dans le courant du mois de janvier suivant ; on enleva le mât, et, chose bien remarquable, on en trouva le cœur réduit en un faisceau de lattes. On s'étonna que ce mât eût pu se tenir debout si longtemps après l'accident.

Sillons longitudinaux, en zigzag, en spirale. Sillon double. — Les mâts sont souvent sillonnés par la foudre.

Le grand mât du *Racehorse*, de 18, frappé le 17 octobre 1831, entre *Port-Royal* et *Sainte-Marthe*, ne présenta les traces de la foudre que sous la forme d'une ligne noire.

Un brigantin fût frappé dans la rade de Zante : l'étincelle fendit le mât de misaine, descendit en serpentant, détacha des éclisses enflammées qui auraient incendié le navire sans de prompts secours. (Orioli).

La *Palma*, frégate de 48, fut frappée à Carthagène, le 12 juin 1814, et son mât de misaine offrit un sillon de 2 pouces de profondeur et de 1 pouce et demi de largeur : il passait sous les cercles de fer et les laissait intacts (1).

Le sillon est quelquefois en zigzag, tel était celui qui resta tracé sur le grand mât du *Magnificent*, de 74, frappé le 17 avril 1814.

Dans d'autres cas, le sillon est en spirale.

En 1779, *le Terrible*, de 74, à l'ancre à Spithead, fut atteint par la foudre ; l'officier de quart la vit descendre en un courant circulaire le long du mât de misaine.

(1) *Nautic. mag.*, XII, p. 613.

En août 1807, la foudre suivit en spirale le mât de misaine du *Bellerophon*, et l'un des mâts du *Coldstream* en avril 1812.

Le 10 septembre 1806, *le Pélican* eut son grand perroquet et son grand mât de hune brisés en fragments qui furent lancés au loin. En outre, l'étincelle descendit sur le grand mât jusqu'à la quille en creusant un sillon en spirale hérissé de dentelures (capitaine Ward).

On a vu deux sillons sur un même mât se réunir inférieurement.

Un orage éclata dans la nuit du 11 au 12 juillet 1852, à Cherbourg. Le *Patriote*, navire en fer, désarmé, n'avait au commencement de l'orage que ses bas-mâts; de sorte qu'il n'était pas protégé par ses paratonnerres. Ajoutons que ses hunes en fer étaient en place. La foudre tomba sur le mât de misaine et le fendit sur une longueur de 26 mètres. Au-dessous de la hune, elle descendit le long du mât d'abord par deux côtés opposés. D'un côté elle écarta une des fortes pièces du mât qu'elle suivit dans toute sa longueur jusqu'au pont, en faisant sortir les clous en cuivre qui la retenaient; de l'autre côté, elle arracha le bois en le jetant au loin en petits fragments, et elle forma ainsi un sillon d'une profondeur de 1 décimètre environ. Le sillon tournait autour du mât, de sorte que les deux routes opposées suivies par l'étincelle électrique se réunissaient au pied du mât où un très-fort éclat avait été enlevé jusqu'au pont. De très-légères traces de carbonisation existaient sur quelques points de cette route. (Liais).

Mâts perforés. — Nous ne possédons pas un seul exemple de mât perforé de part en part, mais seulement une perforation incomplète.

Le 26 décembre 1791, le *Squirrel*, de 28, étant à l'ancre à Beerhaven, eut son grand mât frappé par la foudre en globe. Un des côtés du mât fut brûlé; le mât paraissait en outre avoir été perforé aux deux tiers de sa hauteur à partir du pont, mais le trou ne dépassait pas le tiers de l'épaisseur.

Mâts soulevés. — On dit que lors du foudroiement du brick *le Clenker*, de 12 canons, le 31 décembre 1828, le grand mât

fut enlevé à 6 pieds au-dessus du pont, tandis que le mât et les voiles de hune furent jetés par dessus le bord.

Lésions affectant le cœur ou le centre des mâts. — Les lésions de mâts que nous venons de passer en revue sont toutes faciles à reconnaître au premier abord ; mais nous avons à signaler d'autres lésions qui respectant entièrement ou presque entièrement les couches extérieures des mâts, affectent leur partie centrale. *Elles sont d'autant plus dangereuses qu'elles peuvent rester plus ou moins longtemps cachées et avoir subitement et inopinément les conséquences les plus funestes.* Elles sont d'ailleurs de natures diverses et produites par des mécanismes variés.

Quelquefois le mât est foré par la combustion.

Nous avons déjà signalé l'accident arrivé au Rodney (*mâts brisés*).

Le *Bombay-Castle* de la compagnie des Indes-Orientales, revenait de Chine vers l'année 1801, lorsqu'il fut atteint par la foudre, près de la baie d'Algoa. — L'étincelle entra dans la tête du mât de misaine et descendit dans le cœur du mât pour éclater en feu au-dessous des agrès. Tous les efforts pour éteindre l'incendie échouèrent ; le mât fut coupé et tomba dans la mer, ce qui sauva le navire.

Le même fait est rapporté par Horsburgh avec cette différence que le bâtiment se nommait le *Britannia.*

D'autres fois le cœur du mât est seulement entr'ouvert, sans doute par la force d'expansion de la foudre, ainsi :

Le centre du mât de misaine était entr'ouvert et cinq cercles de fer étaient en partie fondus et brisés sur *le Phaéton,* foudroyé le 14 septembre 1824, dans la rade de Gibraltar (1).

Nous avons cité un cas où le cœur d'un mât était *clivé en lattes.*

Parfois aussi le cœur du mât est réduit en *copeaux* et son enveloppe présente un ou deux trous par lesquels ils s'échappent; ainsi que nous l'avons signalé sur *le Sultan,* dont le grand mât de hune fut en outre fendu en lattes.

Enfin dans les cas suivants, un canal a été creusé dans le

(1) *Nautic. magaz.*, XXI, p. 471.

centre des mâts, sans que nous puissions, faute de détails suffisants, connaître le mécanisme et la nature même de cette singulière lésion.

En septembre 1825, le brigantin *Il Buono Servo* fut foudroyé à l'ancre dans la baie d'Armiro. Le mât ne parut pas endommagé; cependant, dès le lendemain, lorsqu'on se remit en mer, un coup de vent le rompit et l'on s'aperçut alors qu'il était percé dans toute sa longueur d'un canal triangulaire étroit à l'extrémité supérieure, s'élargissant en descendant et quatre fois plus large en bas qu'à la cime. On attribua la forme de ce canal à une tige de fer triangulaire implantée au haut du mât, et à la disposition intérieure du bois (1).

Le 11 septembre 1789, dans la baie de Bengale, la foudre atteignit le mât de petit perroquet de *la Persévérance*, de 36, se fraya un passage dans le centre du mât de misaine et en sortit sur le gaillard d'avant, juste au-dessus du pont.

Le 14 mai 1808, en Sicile, l'*Hydra*, frégate de 36, fut assaillie par un violent orage. Une *boule de feu* frappa la tête du grand mât, brisa en grande partie son mât de perroquet, fracassa le bas-mât en morceaux qui furent jetés dans l'eau tout autour du bâtiment, enfin le cœur du mât de hune fut entièrement enlevé et ce mât réduit à son enveloppe.

Le 22 mars 1814, la foudre atteignit le *Nereus*, de 36, alors à l'ancre à Rio de la Plata; ses mâts furent endommagés, et à la fin de l'année il retourna en Angleterre pour être réparé. En changeant le grand mât, on constata que son cœur était en grande partie détruit; le mât était en quelque sorte gonflé en plusieurs endroits, comme s'il eût été soumis à une violente force expansive agissant de dedans en dehors; plusieurs cercles de fer avaient été rompus. L'étincelle paraissait s'être fait jour au dehors à environ 10 pieds au-dessus du pont.

En 1810, à Corfou, au milieu de la nuit, la foudre vint frapper le grand mât de la frégate *la Thémis*, répandit une forte odeur sulfureuse sur le navire, et fit entendre une assez violente détonation dans la cale, ce qui fit croire à plusieurs ma-

(1) Orioli. *Comptes rendus*, XXIV, p. 763 (1847).

telots que le feu était à bord. Plusieurs pièces à eau et divers objets furent brisés, mais aucun incendie ne se déclara. Quelques hommes furent légèrement asphyxiés.

La foudre avait percé le grand mât sur toute sa longueur, sans laisser aucune trace à l'extérieur du mât qui était cerclé en fer. Ce mât, débarqué, devint dans les chantiers du port l'objet d'une curiosité toute particulière (1).

Lésions des cercles. — Quelque fois les cercles de fer des mâts sont seulement déplacés comme sur le grand mât du *San-Josef*; mais assez fréquemment la foudre les rompt, ou les brise.

Cet effet a été observé sur le grand mât du *Duke*, du *York*, du *Nereus*.

Cinq anneaux furent enlevés du mât de misaine du *Barfleur*, de 74.

Notons plus particulièrement les deux faits suivants :

Le coup de foudre qui frappa le *Rodney*, en décembre 1838, brisa treize anneaux de fer du grand mât chacun de 5 pouces de largeur et d'un demi pouce d'épaisseur.

Lorsque, *l'Éléphant* fut foudroyé à Portsmouth, tous les anneaux de fer du grand mât furent éclatés et brisés en morceaux; des fragments furent lancés à de grandes distances. Quelques-uns de ces anneaux avaient une largeur de 5 pouces et un demi-pouce d'épaisseur. Le mât fut fracassé dans toute sa longueur.

On ne trouve le plus ordinairement aux cercles aucun signe de fusion; cependant à l'un des anneaux brisés du mât du *Diamaten*, l'extrémité de la cassure était un peu fondue. Cinq cercles de fer du mât de misaine du *Phaéton* furent en partie brisés et en partie fondus.

Les mâts dont les cercles de fer étaient brisés, étaient le plus ordinairement fendus, éclatés ou forés.

On a remarqué que c'est plus spécialement auprès des ferrures des mâts que les dommages sont très-graves; ainsi la présence des anneaux isolés les uns des autres contribue sans doute à aggraver les effets de la fulguration.

(1) Communiqué par M. le sénateur Doret.

Parfois cependant les garnitures de cuivre de certains mâts préservent ceux-ci de tout dégât dans les endroits même qu'elles recouvrent : cela a été observé sur le *Fox*, cutter de douane.

Lésions des vergues. — Le plus ordinairement la foudre frappe les mâts, les endommage plus ou moins gravement mais respecte les vergues. M. Horsburgh a spécialement insisté sur ce fait; et d'après M. Harris, une fois seulement sur six, les vergues ont souffert en même temps que les mâts, tandis qu'une fois sur deux cents la foudre a frappé l'extrémité d'une vergue sans atteindre le mât.

Parmi les nombreux exemples de vergues restées intactes, tandis que les mâts étaient gravement endommagés, nous choisirons les suivants :

Lorsque, en juin 1792, l'*Anna* eut son grand mât très-fortement endommagé dans toutes ses parties hautes et basses, aucune de ses 4 vergues ne reçut la moindre lésion, et aucune voile ne fut touchée (Horsburgh).

Dans un autre cas, quoique le petit mât de hune et le mât de perroquet fussent très-endommagés et en danger de tomber, aucune des vergues ne fut touchée.

Lésions des voiles. — Les voiles sont parfois déchirées en larges lambeaux, ou même en morceaux, comme sur *l'Amphion* en 1808; sur le *Blood-Hound* en 1812; sur le *Duke*, de 90 canons, en 1793; ici la voile de grand perroquet et le grand hunier furent déchirés.

On a vu les voiles criblées de trous par les mille débris des mâts. Ainsi, le 22 mai 1842, le brick *le Frisk* fut foudroyé vers la côte de l'Irlande, près de Baltimore. Son grand mât de cacatois et son mât de perroquet furent fracassés en éclats, et ces éclats, lancés sur la voile de perroquet, la trouèrent en tant d'endroits qu'elle fut mise hors de service.

Le feu de la foudre agit de diverses manières sur les voiles. Parfois de nombreuses petites étincelles criblent les voiles d'un grand nombre de trous; c'est sans doute à ce mode d'action que nous devons attribuer l'état que présentait la voile

de cacatois du *Blood-Hound*; elle était criblée comme un filet.

D'autres fois la foudre roussit les voiles de manière à les mettre hors de service, comme cela arriva au *Fisgard*, de 36, frappé le 22 février 1799, devant Plymouth et sur lequel on ne remarqua pas d'autre dégât.

Plus souvent encore les voiles sont embrasées :

L'incendie qui, en 1746, dévora entièrement un navire hollandais dans la rade de Batavia, commença par la voile de grand hunier; nous reviendrons sur cet accident.

Le grand hunier de *l'Albacore*, la grande voile de *l'Endymion* furent mis en feu; la grande voile, le grand hunier et les bonnettes d'artimon de *la Thisbé*, de 32, s'embrasèrent; on fut obligé de couper le grand mât.

Le 22 janvier 1807, vers Palerme, le petit mât de hune du *Swiftsure*, de 74, ainsi que sa voile furent mis en feu et brûlèrent pendant une heure environ. L'incendie ne put être éteint qu'après les plus grands efforts des officiers et de l'équipage.

Lorsque le *Fredreckstein*, de 32, était à l'ancre au Pirée, le 1er mars 1812, un boule de feu fit explosion sur le pont, incendia les bonnettes et plusieurs autres voiles malgré la quantité prodigieuse de pluie, qui tombait par torrents, il s'écoula quelque temps avant qu'on pût éteindre le feu de la voile de grand hunier. Deux marins furent étourdis (1).

Répartition des coups de foudre sur les différents mâts. — Le grand mât des *vaisseaux* est plus souvent frappé par la foudre que les autres mâts; sur 172 vaisseaux, il a été frappé seul ou en même temps que d'autres mâts 125 fois, c'est-à-dire dans un peu moins des 3/4 des cas.

Le mât de misaine vient ensuite; il a été frappé seul ou avec d'autres mâts 52 fois ou un peu plus du quart.

Le mât d'artimon a été frappé seul ou avec d'autres mâts 16 fois ou un peu plus d'1/11.

(1) *Nautic. Mag*, t. XII, p. 535.

Le mât de beaupré, qui n'est pas vertical, n'a été frappé que 2 fois.

Dans aucun cas, le mât de misaine et le mât d'artimon n'ont été frappés simultanément, à l'exclusion du grand mât.

Si au lieu des vaisseaux, nous considérons maintenant les *bricks* ou navires à deux mâts, nous voyons que le grand mât a été plus souvent foudroyé que le mât de misaine dans le rapport de 20 à 10, c'est-à-dire que les deux tiers des coups ont atteint le grand mât.

Nous n'avons aucun exemple de mât de beaupré foudroyé sur un brick.

En résumé ; la foudre tend à tomber sur le centre du bâtiment, sollicitée à la fois par le centre même de la masse et par la hauteur du grand mât.

Sur les 172 cas dont il s'agit, nous avons pu constater que 20 fois, deux et même trois mâts ont été frappés du même coup. Un seul rayon oblique peut facilement produire cet effet ; dans quelques cas, c'est le résultat d'une bifurcation, d'une trifurcation de la foudre au moment où elle s'approche du navire. Une fois sur seize la foudre est tombée sur les bâtiments en un courant divisé en 2 et 3 portions (Sn. Harris).

MATS.	VAISSEAUX.	BRICKS.
Mâts de misaine.	36	10
Grands mâts.	105	20
Mâts d'artimon.	9	0
Mâts de misaine et grands mâts.	13	0
Mâts de misaine et d'artimon.	0	0
Grands mâts et mâts d'artimon.	4	0
Tous les mâts.	3	0
Beauprés.	2	0
Totaux.	172	30

D'après l'analyse de 220 cas, la foudre frappe les mâts de perroquet ou les mâts les plus élevés, environ 2 fois sur 3.

Les mâts de hune, soit les points les plus élevés après les mâts de perroquet. . . . . 1 fois sur 5.

Les bas mâts. . . . . 1 fois sur 7.

Et la foudre ne tombe directement sur le corps du bâtiment qu'environ. . . . . 1 fois sur 50.

Des deux coups qui frappèrent presque immédiatement l'un après l'autre le *Malacca*, le premier atteignit le grand mât, et le second le tillac.

En janvier 1773, la foudre atteignit le *Stockholms-Scott*, entre le mât de misaine et le grand mât.

Si donc il est vrai que le plus ordinairement la foudre tombe perpendiculairement sur le navire, il faut aussi reconnaître qu'elle le frappe souvent plus ou moins obliquement, et suivant M. Sn. Harris, une fois sur 20, la foudre a frappé obliquement relativement aux mâts et au corps du bâtiment.

Lésions sur le pont, dans l'intérieur. — La foudre qui, directement ou après avoir suivi les mâts, tombe sur le corps des navires, y produit des dégâts variés dans leur nature et leur gravité.

Parmi ceux qu'elle occasionne sur le pont lui-même signalons comme fort graves le bris ou la perforation des chaloupes, ainsi,

Lorsque le *Diamaten*, de 64, fut frappé le 23 janvier 1749, une chaloupe placée sur ses supports au pied du grand mât fut fracassée.

Le 20 mars 1839, la foudre atteignit la frégate à vapeur de S. M. B. le *Blazer*, près du cap de Beyrouth. Entre autres effets, elle perça un trou de la grosseur d'un boulet de 6 dans le fond d'une embarcation suspendue dans les *davits*.

Le corps du navire est rarement endommagé par la foudre. Sur 220 bâtiments de la marine royale anglaise, les dégâts ont généralment affecté les parties supérieures, rarement leurs corps, surtout au-dessous de la ligne de flottaison. Une fois tout au plus sur 20, les bâtiments ont éprouvé de grands dommages dans leur entre-pont. Nous citerons quelques exemples de ce genre lorsque nous rechercherons le mode de sortie de la foudre.

On a vu la foudre ébranler et même soulever une partie du pont du bâtiment, ainsi :

Le centre de pont du bâtiment de la douane, le *Chichester* frappé près des côtes d'Irlande, fut soulevé de ses baux.

La décharge qui endommagea les mâts du *Southampton*, de 52, à l'ancre dans les dunes, le 5 novembre 1832, passa par dix baux du pont supérieur et en ébranla quatre.

L'*Amphion*, bâtiment des États-Unis, 30 jours après son départ de New-York pour Rio, fut frappé par la foudre, le 21 septembre 1822 ; le fluide électrique descendit par le mât de misaine, détruisit l'ameublement de la cabine, fendit et mit en pièces le plafond, les cloisons et la caisse du gouvernail et brisa deux baux de la cale.

Incendies. — Sur 133 cas de fulguration qui eurent lieu à bord de la marine royale anglaise, de 1793 à 1816 (période de guerre), 30 bâtiments au moins furent mis en feu dans quelque partie de leurs mâts, voiles ou agrès ; mais sans résultats bien sérieux, les efforts de l'équipage ayant réussi à éteindre la flamme [1] (Harris).

Très-souvent la foudre tombe sur un navire, brise ou fend ses mâts, pénètre dans le corps du bâtiment, déplace, arrache les cloisons des cabines, perce et déchire les murailles, etc., sans occasionner d'incendie, sans même laisser la plus légère trace de carbonisation.

Mais malheureusement le contraire a souvent lieu ; d'après M. Snow Harris, sur 220 bâtiments foudroyés, 40 fois, c'est-à-dire entre le 1/5 et le 1/6 des cas, le feu a pris à bord, aux mâts, aux voiles et aux agrès.

Nous avons déjà signalé plusieurs faits de ce genre lorsque nous avons étudié les effets de la foudre plus spécialement sur les mâts et sur les voiles : disons quelques mots du feu qui parfois prend aux *nattes*.

La foudre mit le feu aux nattes (*Shafnigmats*) de la grande vergue du *Sultan*, de 74, et à la natte de la vergue de perroquet de fougue du *Southampton*, de 52.

(1) *Nautic. Mag.*, XIII, p. 276.

Le 28 septembre 1794, dans la rade de Livourne, la natte de la vergue de misaine du *Windsor-Castle* prit feu et brûla de manière à mettre en danger le bâtiment. Une forte averse survint heureusement et éteignit l'incendie commençant.

C'est parfois plus ou moins longtemps après l'action de la foudre que le feu, qui a couvé en un endroit circonscrit, éclate brusquement.

Le *Dictator*, de 64, était le 8 octobre 1794, à l'ancre à Port-Royal (Martinique) lorsque, vers 6 heures 1/4 du matin, une *boule de feu* descendit le long du grand mât et traversa la grande chambre des officiers en y causant plusieurs dommages. Suivant quelques témoins, cette boule de feu aurait pénétré par une fenêtre dans le carré des officiers, en aurait enfoncé la porte et se serait élevée le long du grand mât. Quoi qu'il en soit, deux jours après, on vit sortir de la fumée de la tête de la statue de l'avant. Cette statue fut aussitôt coupée et on trouva dans son centre un large nid de feu; elle était en orme et très-solide. Ce fait a été attesté par le capitaine Couch, de la marine royale britannique, et par M. Moore intendant, qui se trouvaient à bord du *Dictator*.

Un accident analogue arriva, en 1799, à bord du *Principe-Real*, vaisseau de ligne portugais, frappé par la foudre devant Malte. Ce bâtiment s'était réfugié dans le port Saint-Paul et y était à l'ancre depuis quelques heures lorsque son grand mât éclata en flammes. Ce fait, d'ailleurs très-connu a été attesté par le lieutenant Jeans qui en a été témoin.

Navires détruits par l'incendie. — Si l'incendie est le plus ordinairement partiel et facile à éteindre, quelquefois, au contraire, il gagne rapidement de proche en proche et la destruction entière du navire en est la formidable conséquence.

Tantôt, alors, le feu prend d'abord aux mâts, aux voiles et aux agrès ; ainsi :

En 1746, un navire hollandais, dans la rade de Batavia, était prêt à partir pour le Bengale. Déjà les voiles étaient déployées et on se disposait à lever l'ancre au moment où soufflerait le vent de terre, lorsqu'un nuage noir s'amassa sur les collines et se rua sur le navire ; la foudre éclata et mit le feu à la voile du grand hunier, qui étant très-

sèche, brûla rapidement et communiqua le feu au mât et aux agrès. On essaya de couper le mât, mais on ne put y réussir par suite de la chute des débris enflammés. Bientôt l'incendie gagna les autres mâts et on abandonna le navire, fort heureusement, car bientôt après le magasin à poudre prit feu. La partie supérieure du bâtiment sauta, tandis que l'inférieure coula à la place même où peu de temps auparavant il était tranquillement à l'ancre (1).

Le 14 septembre 1824, *le Phaéton*, de 40, fut frappé étant à l'ancre, dans la rade de Gibraltar; le petit mât de cacatois, le petit mât de perroquet, le petit mât de hune et le mât de misaine furent fendus: le feu prit au mât de petit perroquet, au petit mât de hune et aux bonnettes basses. On fit monter tout l'équipage pour l'éteindre. Il paraît qu'on fut obligé de couper le mât de misaine à 16 pieds environ au-dessus du pont. Un mât de hune de rechange fut gréé comme mât de fortune et le bâtiment arriva à Portsmouth pour se réparer.

La Thisbé ne fut sauvée qu'en perdant ses mâts (2).

En 1838, le *Bolivar*, qui portait 100 passagers, fut entièrement consumé; un brick portugais put ramener les survivants à Liverpool (3).

D'autres fois l'incendie éclate dans le corps du bâtiment, dans un magasin, dans la cale, favorisé quelquefois par des amas de substances combustibles.

En 1793, le *King-George*, de Bombay, remontait la rivière de Canton, la cale chargée d'oliban, de myrrhe et de bois de sandal, lorsqu'il fut frappé de la foudre, qui, après avoir tué plusieurs hommes, suivit le mât de misaine et descendit dans la cale. On crut tout danger passé, lorsque 7 *heures après le choc*, on découvrit que la cale était en feu; malgré tous les efforts de l'équipage, l'incendie gagna le navire, qui brûla jusqu'à fleur d'eau (Horsburgh).

Le 19 décembre 1832, le *Logan*, de 420 tonneaux, fut foudroyé dans son passage de Savannah à Liverpool. L'étin-

(1) Robert Veicht, *Philosoph. Trans.*, vol. LIV (1764).
(2) *Nautic. Mag.*, t. III, p. 133.
(3) *Nautic. Mag.*, t. VIII, p. 122.

celle descendit dans la cale et y mit le feu. Le navire et sa cargaison furent entièrement consumés. La perte totale fut de 19,000 liv. ou 475,000 francs (1).

Le navire *Bayfield*, de Liverpool, d'environ 400 tonneaux, fut foudroyé le 25 novembre 1845, à 250 ou 300 milles O.S.-O. de Sierra-Leone. A midi un quart, l'étincelle atteignit le grand mât ainsi que la tête du mât de misaine et descendit le long de ces mâts dans la cale; de larges étincelles et des boules de feu se répandirent sur le pont à l'avant et à l'arrière. Après une demi-heure, l'équipage, déjà épuisé de fatigue, apprit avec stupeur que le navire était en feu; à l'instant on se précipita aux embarcations, et sans le sang-froid du capitaine Luca, tout le monde eût alors péri. Comme le feu se trouvait au-dessus du magasin à poudre, le capitaine, craignant une explosion, se décida à abandonner le bâtiment.... On ne put sauver que 30 livres de pain et une boussole; plusieurs hommes périrent de faim et de soif dans leurs embarcations (2).

La *marine marchande* a souvent été le théâtre de cette destruction totale ou presque totale par l'incendie.

En 1839, une grande barque nommée *John and James* fut incendiée par la foudre près d'Alger; on ne la sauva qu'à grand'peine.

En 1838, l'*Orwell*, grand bâtiment de commerce, chargé de coton, fut incendié par la foudre et échappa de peu à une destruction complète.

On sait enfin qu'en peu d'années les bâtiments marchands *Taujore*, *Poland*, *Logan*, *Ruthelia*, *Bolivar*, *Boston* et *Lydia* furent entièrement consumés par la foudre.

Explosion des magasins à poudre. — La foudre, en mettant le feu aux poudres, a fait sauter des navires.

Horsburgh écrivait en 1806 que quelques années auparavant le navire le *Royal-Charlotte* étant à Diamond-Harbourg, dans la rivière Hooghley, sauta en mille pièces et disparut au milieu d'un orage. La détonation fut entendue au loin,

(1) *Nautic. Mag.*, t. III, p. 154.
(2) *Nautic. Mag.*, t. XV, p. 431.

et l'ébranlement ressenti à plusieurs milles. Or, ce malheureux navire avait une grande quantité de poudre emmagasinée à l'avant, on suppose que l'étincelle frappa le mât de misaine et de là gagna les poudres.

En 1798, dans le détroit de Malacca, le vaisseau anglais la *Resistance* sauta par suite d'un coup de foudre; deux ou trois hommes de l'équipage furent seuls recueillis.

En 1801, le *Gibraltar* fut foudroyé, le mât de misaine fut fendu et l'étincelle descendit dans la Sainte-Barbe, y fracassa plusieurs boîtes de mitraille, sous lesquelles se trouvaient 400 barils de poudre.

La foudre tomba sur le *Hyacinth*, suivit la pompe de cuivre tout près du magasin à poudre, et n'y mit pas le feu.

En août 1842, près de Nankin, *la Défiance*, transport chargé en particulier de fusées et de poudre, eut son grand mât fendu jusqu'à la quille et le feu n'y prit pas, bien que le navire se remplît de vapeur sulfureuse.

Sur des navires de la marine anglaise, on observe quelquefois une disposition assez dangereuse : une tige de fer de 5 pieds de long et de 6 pouces de diamètre, appartenant au cabestan, se trouve placée directement au-dessus du magasin à poudre de l'arrière. Puis, immédiatement au-dessous de ce magasin se trouvent de longues chevilles et d'autres pièces métalliques aboutissant à la mer par la contre-quille et la quille. Les poudres, placées entre deux masses métalliques, sont en grand danger d'être atteintes par la foudre.

Le 23 juillet 1802, la foudre pénétrant dans la chambre du capitaine du navire *Topaze*, de 36, mit le feu à 2 poires à poudre.

Le 12 août 1797, le *Thunderer*, de 74, eut comme le précédent son mât d'artimon frappé par la foudre et celle-ci mit le feu à 28 poires à poudre suspendues à ce mât dans l'étage inférieur. Sept hommes et un mousse furent blessés par l'explosion de la poudre.

Ebranlement des navires. — La foudre, en frappant un navire, l'ébranle quelquefois violemment. Cook com-

pare la secousse qu'il ressentit sur son navire à celle d'un tremblement de terre.

Quand la foudre frappa *le New-York*, la violence du choc fut telle que le bâtiment recula, ou, suivant l'expression nautique, le navire fit une *embardée* qui renversa les gens qui étaient sur le pont.

Navires fendus en deux. — Le 3 août 1852, le navire *Moïse*, dans son passage d'Ibraïl à Queenstown, fut surpris en vue de Malte par un violent orage. Vers minuit, la foudre atteignit le grand mât et, descendant dans le corps du bâtiment, le fendit en deux; il coula immédiatement. Les hommes de l'équipage, au nombre de quatorze et deux passagers périrent. Le capitaine Pearson s'échappa seul à l'aide d'une pièce de bois sur laquelle il se soutint pendant dix-sept heures; il fut recueilli par un bâtiment de Malte. Il dit qu'étant sur le pont vers minuit, une boule de feu, frappa les mâts du navire qui sombra en trois minutes (1).

Navires disparus. — Des navires n'ont plus été revus après un violent orage, et plusieurs circonstances font croire que c'est la foudre qui a occasionné d'aussi terribles catastrophes.

En 1814, une escadre anglaise, commandée par l'amiral Jackson, bloquait les côtes de Géorgie et de Caroline. L'amiral communiqua avec le *Peacock*, qui faisait partie de l'escadre, dans l'après-midi du 15 juin. Dans la nuit s'éleva un violent orage avec coups de foudre répétés; lorsqu'il eut cessé, le *Peacock* avait disparu, sans laisser aucun débris et sans qu'on ait jamais eu de ses nouvelles (1).

Le *Loup-Cervier*, autre bâtiment de S. M. B., fut vu en dernier lieu près de Charlestown le soir d'un violent orage; et depuis on n'en a plus entendu parler.

Le *York*, de 64, disparut ainsi dans la Méditerranée.

« Je pourrais ajouter que le vaisseau anglais la *Resistance*, de 44, et le *Loup-cervier* disparurent complétement après

(1) *Nautic. Mag.*, t. XXI, p. 194.
(2) *Nautic. Mag.*, t. XIII, p. 290.

quelques coups de tonnerre, dans un convoi dont ils faisaient partie (Arago). »

Effets de la foudre sur les objets métalliques à bord des navires. — Lorsque, le 20 mars 1839, près de Beyrouth, le vapeur le *Blazer*, fut atteint par la foudre, on vit le météore jouer autour de sa machine et passer d'une de ses pièces à l'autre.

Sur un bâtiment frappé en 1776, la foudre sauta de la base du mât de misaine sur une grosse ancre qui était à environ 2 pieds du mât, et, sans y laisser de traces visibles, elle passa, à environ 10 pouces de là, sur un grand pot de fer qu'elle brisa. Un autre rayon, qui avait également suivi le mât, sauta de sa base sur le support de la cloche à une distance de 15 pouces, arrachant quelques-uns des clous et des pièces de fer qui en faisaient partie (Reimarus).

En 1792, à bord de l'*Anna*, l'étincelle quitta le grand mât, à 8 pieds environ au-dessus du pont pour se jeter sur un fort dé de fer près duquel étaient fixés les étais de misaine. Le dé fut noirci par le feu et les étais furent coupés en partie.

On dit que le 28 septembre 1799, à bord de *la Virginie*, de 38, la foudre s'abattit sur le pont et sauta d'un canon à l'autre.

D'une autre part, divers objets métalliques ont présenté des traces de fusion. Nous avons indiqué de pareilles traces sur les cercles de fer des mâts.

Lorsque, en 1848, le *Competitor* fut foudroyé, *le tablier de plomb* qui entoure la base du grand mât, au niveau et un peu au-dessus du pont, fut fondu en partie et le métal en fusion fut transporté à la distance de quelques mètres et incrusté dans le pont.

L'explosion qui atteignit *le Terrible*, en 1779, passa par la cambuse au-dessus du magasin de l'avant et y fondit en partie une *feuille de plomb*.

Un des rayons de la foudre qui atteignit, en 1825, *la Belette*, pénétra dans la cuisine où un *entonnoir* fut trouvé couvert de taches jaunes ; il semblait qu'il eût été récemment nettoyé.

Sur le *Surinam*, en 1806, l'étincelle fondit la soudure de quelques *boîtes à mitraille*.

Et sur le *Southampton*, en 1832, elle brisa une boîte à mitraille et frappa un boulet de 24 sur lequel elle laissa des traces de fusion.

Chronomètres. — Un des effets les plus redoutables de la foudre est d'aimanter les pièces d'acier qui entrent dans la composition des chronomètres, et par conséquent d'être une source d'erreurs dangereuses dans la direction du navire,

Les deux chronomètres du brick l'*Inca*, foudroyé dans la baie de Biscaye, furent altérés et rendus inutiles. Plus tard, quoique réparés, ils ne furent jamais justes. Les boussoles avaient été dérangées du même coup (And. Livingstone). Il en fut de même sur le brick *le Frisk*, foudroyé près de Baltimore (Irlande).

M. Duperrey a eu l'occasion d'observer l'altération des chronomètres dans son voyage sur *la Coquille* (1).

Quand le paquebot le *New-York* fut foudroyé, trois montres en or, qui étaient déposées dans des hamacs, s'arrêtèrent, et un chronomètre qui variait ordinairement de 2 ou 3 secondes pendant la traversée de l'Océan Atlantique, examiné à l'arrivée à Liverpool, avait devancé sa marche ordinaire de 33' 58".

Ce chronomètre, au sortir de New-York, le 16 avril, retardait de 9'+42",5 sur Greenwich. Marche diurne : 7 dixièmes de seconde d'avance par jour pendant 24 jours. Le chronomètre qu'on s'attendait, à l'arrivée du vaisseau à voir de 9'+25" en retard, fut à son arrivée, le 10 mai, en avance de 24'+33" ; l'erreur attribuée au magnétisme acquis est de 33'+58"

A Liverpool, on put constater que toutes les pièces d'acier de ce chronomètre étaient magnétiques à un si haut degré que deux, trois et quatre pièces pouvaient être suspendues l'une à l'autre en forme de chaîne : ces pièces semblaient aimantées à saturation. M. Scoresby n'observa rien de particulier dans les diverses polarités. Le chronomètre eut ses pièces d'acier remplacées en grande partie, et malgré cette

(1) Becquerel, *Météorol.*, p. 517.

restauration on ne pouvait pas encore se fier à sa marche.

« Quand un coup de foudre aimante les diverses pièces » d'acier qui entrent dans la composition d'un chronomètre, » et particulièrement le balancier, une nouvelle force, le ma- » gnétisme terrestre, s'ajoute à celle des ressorts qui primi- » tivement réglaient la marche de ces admirables mais très- » délicates machines. Cette nouvelle force donne lieu quel- » quefois à des accélérations ou à des retards sensibles; » aussi, après un certain nombre de jours de navigation, en » résulte-t-il sur la longitude géographique des erreurs très- » dangereuses (1).

Boussoles. — Nous avons réuni 16 observations sur l'action de la foudre sur les boussoles de déclinaison.

Ce n'est pas seulement sur des navires que l'on a observé l'altération des boussoles : un jeune homme, cité par M. Biot, fut légèrement touché par l'étincelle, le 17 mai 1852, dans une rue de Paris; une petite boussole en argent, qu'il portait avec plusieurs autres breloques, eut ses pôles intervertis.

Le plus souvent la foudre agit sur les aiguilles des boussoles par influence, et non par action directe : il est même remarquable que dans aucune des observations que nous possédons l'aiguille n'ait été touchée par l'étincelle. En général, l'action de la foudre se fait sentir à courte distance; ce qui est positif, c'est que toutes les fois que la foudre a altéré les boussoles des navires, elle est tombée à bord même de ces navires. Il est cependant un fait qui démontre que cette influence peut s'exercer à grande distance : P. Von Musschenbroek rapporte (2) que le 19 mai 1730, à onze heures du matin, au milieu d'un orage, il vit la foudre passer au-dessus de sa maison, à une hauteur si considérable, que son action sur les objets contenus dans cette maison lui parut devoir être nulle; cependant une aiguille aimantée y était devenue tout à fait paralytique; elle avait perdu toute vertu magnétique et restait parfaitement immobile en quel-

(1) Arago. *Notice*, p. 346.

(2) *Observ. météor. faites à Utrecht* en 1730 et 1731. *Phil. trans.* 1731-1732, trad. de Brimond, vol. I, p. 244.

que situation qu'on la plaçât. Musschenbroek voulut l'aimanter, mais sans réussir; jamais elle ne put se tourner vers le point où d'autres aiguilles, traitées avec le même aimant, se dirigeaient. Un ouvrier habile d'Amsterdam échoua également et ne put la rendre magnétique.

En conséquence, les navigateurs devront se tenir en garde contre les altérations possibles de leurs compas en tout temps orageux et malgré la distance considérable à laquelle partent les éclairs.

Le nombre des boussoles altérées sur un même navire est variable; il a été de 3 sur l'*Albemarle;*
de 4 sur *la Méduse* et le *Dover;*
de 5 sur *la Vigie,*

Et même de 14 sur le *Diamaten*, comme nous le verrons plus bas.

Les altérations des aiguilles sont variables: tantôt elles sont privées en tout ou en partie de leur vertu magnétique, et restent immobiles en quelque situation qu'on les place, ou bien elles sont seulement plus ou moins lentes à se mouvoir.

D'autres fois les boussoles conservent, il est vrai, leur vertu magnétique, mais elle est altérée; les aiguilles alors ont leurs pôles renversés ou présentent des déviations extraordinaires et plus ou moins considérables par rapport au méridien magnétique.

La paralysie des boussoles n'est pas rare.

Elle a été observée en particulier sur le brick *la Méduse*, capitaine Adpelt, dans sa traversée de la Guayra à Liverpool. Après le coup de foudre on constata que 4 boussoles, savoir: 2 sur le pont et 2 dans la cabine, avaient perdu toute leur vertu magnétique.

Le 7 février 1840, le bâtiment de la douane le *Chichester* fut foudroyé sur la côte ouest de l'Irlande. L'aimantation de ses boussoles fut détruite, et les montres des passagers s'arrêtèrent.

Les boussoles furent également paralysées sur le *Diamaten* et l'*Amphion*.

Sur le paquebot le *New-York*, la foudre diminua ou neutralisa entièrement la force magnétique de presque toutes

les boussoles, en sorte qu'elles se mouvaient avec une remarquable lenteur ou restaient immobiles. Entrons dans quelques détails sur cet événement.

Excepté la boussole de la cabine et celle de l'habitacle, les boussoles étaient toutes dans la cabine des dames, au moment où eurent lieu les deux décharges électriques; examinées quatre semaines après l'accident par M. W. Scoresby, la boussole qui était suspendue dans la cabine avait perdu presque toute sa puissance magnétique, et une des boussoles du gouvernail était dans le même état. Ni l'une ni l'autre de ces deux boussoles ne pouvait lever par aucun de leurs pôles un poids au-dessus de 70 grains, tandis que dans leur état ordinaire, étant bien aimantées, elles auraient levé de 609 à 1,000 grains. Toutefois une boussole d'azimut, dont la glace avait été brisée par la foudre, était encore douée de grandes propriétés magnétiques; une autre boussole, ayant une suspension qui lui permettait de rester dans une position horizontale par une mer orageuse, se trouva si affaiblie qu'elle était presque neutralisée : *elle avait quatre pôles;* mais il y a lieu de douter si cet effet tenait à la foudre ou à la négligence avec laquelle l'aiguille avait été aimantée, ou même à la nature de sa construction : les portions circulaires servant à joindre les deux branches de l'aiguille étaient si légères, en comparaison de son épaisseur, qu'elles pouvaient admettre, sinon produire nécessairement les *points conséquents.*

Le *renversement des pôles* est assez fréquent; il a été constaté à bord de *la Baleine*, du *Dover* et de deux autres navires. En voici encore un exemple :

Le 24 juillet 1681, vers trois heures après midi, le navire l'*Albemarle*, capitaine Edw. Lad, étant à une centaine de lieues du cap Cod, 48° de latitude nord, fut assailli par une violente tempête. La foudre mit le feu au grand hunier, brisa le chouquet du grand mât, fendit celui-ci dans toute sa longueur, fracassa une chaloupe et endommagea gravement une des pompes. Lorsque la nuit fut venue, on reconnut d'après les étoiles que les boussoles étaient considérablement dérangées. Dans celle de l'habitacle, l'extrémité nord de l'aiguille

était entièrement tournée au sud. Deux autres boussoles, non suspendues, se trouvaient en réserve dans l'armoire de la cabine; l'une d'elles avait également ses pôles renversés; chez l'autre, l'extrémité nord était à l'ouest. Les pilotes furent bientôt accoutumés à la direction renversée de l'aiguille et naviguèrent ainsi l'espace de mille lieues.

Parfois, enfin, les aiguilles sont déviées de tout un quart de cercle ou seulement de 1 ou de plusieurs points. Ces déviations ont été remarquées à bord du *Diamaten*, du *Stockholms-Scott*, du *Frisk*, du *Dover*, de l'*Albemarle*, de l'*Inca*, du *New-York*, de *la Vigie*...

Les diverses altérations que nous venons de signaler sont quelquefois toutes observées sur les boussoles d'un même navire. En voici un exemple remarquable :

D'après le rapport du lieutenant de vaisseau May, le navire hollandais le *Diamaten*, de 64, fut foudroyé, le 23 janvier 1749, dans son passage de Malaga à Lisbonne, peu après la disparition d'une trombe. Les boussoles étaient au nombre de 17 : 2 occupaient l'habitacle pour l'usage ordinaire, elles étaient suspendues avec des anneaux de cuivre, leur boîte était en bois avec une petite masse de plomb fixée au fond.

11 autres boussoles, enfermées comme provision dans une caisse placée sur le pont, vers l'avant, étaient chacune dans sa boîte, et 2 ou 3 l'une sur l'autre; en outre, 4 boussoles se trouvaient dans la cabine :

3 d'entre elles étaient fixées au sol, celle du milieu était une boussole d'amplitude.

La quatrième était une boussole de suspension.

Que deviennent ces 17 boussoles?

Quelques minutes après le coup de foudre, lorsqu'on voulut gouverner sur la baie de Cadix, on s'aperçut bientôt, par la direction des vagues et du vent, que les 2 boussoles de l'habitacle indiquaient mal, l'une à l'est et l'autre à l'ouest. Alors on consulta les 11 boussoles renfermées en provision dans la caisse; mais on les trouva toutes altérées : 2 étaient entièrement privées de leur force magnétique; trois indiquaient faux de 4 à 8 points; une cinquième por-

tait sud-ouest; et les 6 autres étaient dérangées de 1, 2 ou 3 points; quant aux 4 boussoles de la cabine, on constata que celle qui était suspendue, ainsi que ses deux voisines, n'étaient pas le moins du monde dérangées; mais la boussole d'amplitude, qui auparavant possédait une grande force magnétique, l'avait tellement perdue, qu'elle ne pouvait même pas attirer une aiguille très-fine suspendue à un cheveu.

Après 3 ou 4 jours, les boussoles qui étaient dérangées de 8 points se rétablirent un peu et petit à petit; celles qui n'étaient dérangées que de 1 à 3 points étaient restées à peu près dans le même état.

Mais pourquoi, des 17 boussoles dont nous venons de parler, les unes furent-elles dérangées et altérées par le coup de foudre, tandis que d'autres n'en reçurent aucune modification?

Tout ce que nous pouvons répondre à cette question, c'est que les 14 premières provenaient de l'amirauté d'Amsterdam, et que leurs aiguilles en acier avaient été aimantées avec l'aimant oriental et naturel conservé dans les magasins du gouvernement; tandis que les 3 seules boussoles qui ne furent pas dérangées avaient été confectionnées par l'ingénieur Ayrès, qui s'était servi, pour frotter les aiguilles, non pas d'un aimant naturel, mais d'un aimant artificiel préparé par Knight.

Quelquefois *toutes* les boussoles d'un navire sont altérées, aucune d'elles n'échappe à l'influence annihilante ou perturbatrice de la foudre. Le cas est malheureusement assez fréquent. Ainsi: toutes les boussoles, sans en excepter une seule, furent paralysées ou dérangées sur l'*Albemarle*, le *Dover*, le *Chichester*, l'*Amphion*, l'*Inca*, *la Baleine*, *la Méduse* et le *New-York*, et même sur *la Vigie*, non-seulement toutes les boussoles furent altérées, mais les *aiguilles de rechange* le furent également.

Il est rare qu'une ou plusieurs boussoles restent intactes lorsque les autres sont altérées; nous ne pouvons en citer qu'un seul exemple observé, comme nous l'avons dit, sur le *Diamaten* : ici 3 boussoles furent épargnées

au milieu de quatorze autres modifiées de diverses manières.

Lorsque les boussoles sont altérées, tantôt elles offrent toutes le même genre d'altération : ainsi, toutes celles du *Dover*, de *la Baleine* et du navire cité par Haward avaient leurs pôles intervertis ; toutes celles de l'*Amphion* et du *Chichester* étaient paralysés.

Mais plus souvent encore les altérations des compas d'un même navire sont différentes ; par exemple :

Les cinq boussoles de *la Vigie* donnaient toutes des indications qui différaient de 25° à 45°.

Des trois boussoles de l'*Albemarle*, deux avaient leurs pôles renversés, et la troisième avait son extrémité nord tournée à l'ouest.

A bord du *Diamaten* et du *New-York* les unes étaient paralysées, les autres déviées.

L'*aimantation* du plus ou moins grand nombre de pièces de fer ou d'acier et le *dérangement* des *chronomètres* sont le plus ordinairement constatés à bord des navires dont les boussoles sont altérées.

Mais que deviennent plus tard les boussoles qui ont subi la fâcheuse influence de la foudre ?

Quelquefois leurs altérations diminuent notablement : Ainsi, après trois ou quatre jours de navigation, quelques boussoles du *Diamaten*, qui étaient dérangées de 8 points, s'étaient rétablies en partie et graduellement.

Une boussole du *Dover* avait d'abord ses pôles intervertis ; plus tard elle gagna quelques degrés vers l'état normal.

D'autres fois, au contraire, l'altération s'aggrave, et une aiguille, qui n'était d'abord que dérangée, perd bientôt toute sa vertu magnétique. Par exemple : l'une des boussoles de l'*Albemarle*, qui avait son extrémité nord tournée à l'ouest, et dont le verre avait été brisé, fut bientôt tout à fait paralysée.

Mais très-souvent l'altération persiste presque au même degré pendant fort longtemps. Les boussoles de l'*Inca* ne purent se rétablir.

Il ne paraît pas que celles du navire de Haward aient jamais pu revenir à l'état normal.

L'une des boussoles de l'*Albemarle*, dont les pôles avaient été renversés, dirigeait encore au sud son extrémité nord longtemps après, et lorsque l'observation fut publiée.

Les nombreuses altérations des boussoles du *New-York* furent constatées et décrites par Scoresby quatre semaines après la fulguration, et elles ont sans doute persisté fort longtemps.

Il est même une circonstance très-importante à noter; c'est qu'on a vu des boussoles saines, transportées d'un navire étranger sur celui dont les boussoles avaient été altérées par la foudre, s'altérer bientôt elles-mêmes. En voici un exemple :

Le 4 mai 1843, le navire *la Vigie* fut frappé de la foudre, deux fois à cinq minutes d'intervalle, dans le golfe de Guinée (1). Le paratonnerre conserva pendant quelque temps de l'électricité en assez grande quantité pour donner des secousses à la main. Les cinq boussoles furent dérangées et différaient entre elles de 25 à 45 degrés. Le commandant, M. Leps, fit alors prendre des aiguilles de rechange, pour les vérifier, mais il s'aperçut que, quoiqu'elles fussent tenues dans un endroit éloigné du passage de la chaîne du paratonnerre, suivie par la foudre, elles avaient subi la même altération. Bien plus, quelques jours après, des boussoles étrangères ayant été transportées d'autres bâtiments sur *la Vigie*, elles donnèrent des déviations quand on les plaça en certains endroits du navire, et quelques-unes varièrent même jusqu'à changer leurs pôles. Les tentatives faites plus tard, pour amoindrir ou dissiper cet effet, restèrent infructueuses.

On voit, d'après les faits exposés, que la foudre possède, entre autres pouvoirs, celui d'enlever aux aiguilles des boussoles leur vertu magnétique; qu'elle peut encore (ainsi que nous l'obtenons à l'aide de l'aimant naturel ou artificiel manœuvré de certaines manières), intervertir leurs pôles, les amener aux extrémités de la petite diagonale du losange ou sur tout autre point intermédiaire entre ces deux points extrêmes. Et si elle produit ces effets sur des aiguilles formées

(1) *L'Institut, Acad. des sciences*. Août 1843.

de lames d'acier pleines telles qu'on les fabrique aujourd'hui, elle les produira mieux encore, selon la remarque d'Arago, sur des aiguilles en losange évidé composées de deux fils distincts, légèrement infléchies sur leur milieu, et se touchant par leurs extrémités. » Dans un pareil système, ajoute l'illustre académicien, il y a place pour la distribution du magnétisme la plus compliquée, pour la formation de points conséquents, et dès lors pour toutes les bizarreries qu'on a mises à tort sur le compte de la crédulité des marins. »

Mais il est, pour les boussoles marines, une autre cause de perturbation, c'est la formation subite, sous l'influence de l'explosion foudroyante, d'un ou de plusieurs foyers magnétiques accidentels. Nous avons vu, en effet, ce météore aimanter, à bord des navires, des masses de fer ou d'acier variables dans leur volume, dans leur distance et la direction de leur emplacement; aussi des boussoles saines et nouvelles, appelées à remplacer les boussoles anciennes et altérées, peuvent se déranger à leur tour dans un sens ou dans un autre, et à divers degrés, sous l'influence magnétique des masses de fer aimantées par la foudre dans leur voisinage.

Avant de terminer cette étude, et pour mieux en démontrer l'importance, citons quelques navires dont les commandants, par suite de l'altération des boussoles, ayant fait fausse route, croyant suivre une route diamétralement opposée à celle qu'ils devaient tenir, ont couru ainsi de grands dangers, surtout par un temps couvert et brumeux, et même se sont perdus sur des écueils au moment où ils croyaient s'en éloigner à toutes voiles.

Le 22 mai 1842, le brick le *Frisk* fut atteint par la foudre sur les côtes d'Irlande, près de Baltimore (1).

Le chronomètre et la montre furent dérangés. Quant aux boussoles, on ne remarqua pas d'abord leur altération, mais lorsque le bâtiment se rendait de Cork à Liverpool, et au moment où il se trouvait devant la pointe de Lynas, le pilote ayant ordonné de gouverner S.-E., le matin suivant on se trouva à environ 10 ou 12 milles au nord d'Ormshead, et

(1) *Nautic. Mag.*, XI, 641.

ce fut seulement alors qu'on découvrit que les boussoles étaient chacune déviées de 4 points (Andrew Livingstone).

Le brick l'*Inca* ayant été frappé de la foudre dans la baie de Biscaye, ses boussoles furent déviées de 4 points environ et ses chronomètres rendus inutiles. Le bâtiment fut par erreur directement gouverné sur l'Amérique jusqu'au moment où l'on put faire les observations astronomiques (Andrew Livingstone) (1).

Haward rapporte qu'étant patron d'un navire qui faisait route de Londres à la Barbade, de compagnie avec un navire commandé par Grofton, ils furent subitement effrayés par un terrible coup de tonnerre, à la hauteur des Bermudes. L'explosion brisa le mât de misaine du navire de Grofton, déchira ses voiles et endommagea ses agrès. Lorsque le bruit et la confusion eurent cessé, Haward, que ce coup n'avait pas maltraité, fut fort surpris de voir que ses compagnons de voyage avaient repris la route directement opposée à celle qu'ils suivaient auparavant. Il crut d'abord qu'ils s'apercevraient bientôt de leur erreur, mais, les voyant y persister, il vira de bord et se dirigea sur eux. Aussitôt arrivé à portée de la voix, il apprit de Grofton qu'il n'avait pas d'autre intention que de continuer sa première route. Alors seulement Grofton reconnut que les pôles de sa boussole étaient renversés, que le pôle nord était devenu sud. Il tourna la fleur de lys avec le doigt et la pointe directement au nord, mais aussitôt qu'elle eut repris sa liberté elle se retourna du côté du sud. Toutes les autres boussoles se trouvaient dans le même cas. Haward prêta à Grofton une de ses boussoles, et il n'a pas appris que celles qui avaient été altérées par la foudre se soient jamais rétablies.

Enfin Guépratte et Arago citent un bâtiment génois qui, vers l'année 1808, faisant route pour Marseille, fut frappé à peu de distance d'Alger. Les aiguilles des boussoles firent tout une demi-révolution quoique ces instruments ne parussent pas endommagés et le bâtiment vint en brise sur la côte au moment où le pilote croyait avoir le cap au nord (2).

(1) *Nautic. Mag.*, XI, 641.
(2) *Nautic. Mag.*, XI, 641, etc.

NUMÉROS	NOMS des NAVIRES	DATE	SITUATION AU MOMENT DU FOUDROIEMENT	NOMBRE des BOUSSOLES altérées	ALTÉRATIONS	AUTEURS ou NARRATEURS
1	L'Albemarle.	24 juillet 1681.	A 100 lieues du cap Cod.	3	Polarité intervertie sur deux, déviation à l'ouest sur la troisième.	Edw. Lad. Boyle.
2	Le Dover.	9 janvier 1748.	47° 30' lat. N., 22° 15' long. O. de Londres.	4	Polarité renversée, puis affolement.	John Wadell.
3	Le Diamaten.	23 janvier 1749.	Passage de Malaga à Lisbonne.	14	3 intactes; les autres paralysées ou déviées de 1 à 8 points.	May.
4	Le Stockholms Stott.	22 juillet 1777.	Non loin du détroit de Banca.	Plusieurs.	Déviations.	Bladh.
5	Navire génois.	1808 ou 1809.	A peu de distance d'Alger.	Plusieurs.	Polarité renversée, fausse route, bris à la côte.	Guépratte.
6	La Baleine.	1808-9.		Plusieurs.	Polarité renversée.	Arago.
7	L'Amphion.	21 septembre 1822.	Traversée de New-York à Rio.	Plusieurs.	Paralysie.	
8	Le New-York.	19 avril 1827.	Traversée de New-York à Liverpool.	Plusieurs.	Lenteur, paralysie, déviations.	Scoresby
9	Le Chichester.	7 février 1840.	Côte d'Irlande.	Plusieurs.	Paralysie.	Capit. Stuart.
10	Le Frisk.	22 mai 1842.	Sur les côtes d'Irlande.	Plusieurs.	Déviations, fausse route.	A. Livingstone.
11	La Vigie, frappée 2 fois à 5' d'intervalle.	4 mai 1843.	Golfe de Guinée.	5	Déviations de 25° à 45°, altérations des aiguilles de rechange, altérations des nouvelles boussoles.	Leps.
12	Navire...,		A la hauteur des Bermudes.	Plusieurs.	Polarité renversée, fausse route.	Haward.
13	L'Inca.		Golfe de Biscaye.	Plusieurs.	Déviations, fausse route.	A. Livingstone.
14	Méduse.		Traversée de la Guayra à Liverpool.	4	Paralysie.	Adpelt.
15	Sur terre.	19 mai 1730.	Utrecht.	1	Paralysie.	Musscheubroek.
16	Sur terre.	17 mai 1852.	Paris.	1	Polarité intervertie.	Biot.

Voies de sortie de la foudre. — La foudre qui tombe sur les mâts ou sur le pont d'un navire, s'échappe parfois par les *dalots* (1) ou par les *écubiers* (2). Le 22 février 1799 elle quitta le *Cambrian* en suivant les dalots voisins du pied du grand mât. Elle sortit de *la Palma* par l'écubier dont le plomb portait des traces manifestes de son passage.

La foudre s'échappa du navire *la Sémiramis*, de 42, dans la baie de Vigo, par la chaîne-câble à travers l'écubier.

Elle se jeta dans la mer par la chaîne de l'ancre après avoir frappé l'*Athol*; elle sortit de l'*Africana* par une fenêtre, et du *Snake* par un sabord.

Dans le premier des deux foudroiements qui atteignit le *New-York* la foudre fracassa le grand mât, pénétra à travers le pont et se divisa. Une des deux portions s'échappa par la muraille, l'autre passa dans une cabine, la parcourut dans toute sa longueur en y causant quelques dommages et se précipita dans la mer par une des fenêtres de l'arrière.

La décharge qui frappa les mâts du *Trident*, de 64, se divisa sur le pont en deux parties; l'une parvint jusque dans le pont inférieur où elle blessa plusieurs hommes; l'autre passa à travers la grande chambre, et sortit par une fenêtre de la poupe. La chambre paraissait en feu.

L'étincelle, après avoir atteint le mât d'artimon de *la Topaze*, de 36, fut conduite par un fil de sonnette dans la cabine du capitaine, la traversa et sortit par une fenêtre de l'arrière.

Lorsque le *Glatton*, de 54, fut frappé en 1794, près du cap de Bonne-Espérance, ce fut également en suivant un fil de métal que l'étincelle pénétra dans la cabine du chirurgien; elle en sortit par un sabord.

Malheureusement il n'est pas rare que la foudre s'échappe dans la mer par la muraille du bâtiment tantôt au-dessus, tantôt, ce qui est bien plus grave, au-dessous de la ligne de flottaison, en soulevant, en arrachant, en faisant éclater

(1) Dalot, canal pour l'écoulement des eaux d'un navire.

(2) Écubier, trou percé à chaque bord de l'étrave pour faire passer les câbles du bâtiment.

quelques pièces de bois et perforant ou déchirant le doublage de cuivre. Citons quelques faits de ce genre :

L'un des rayons de la foudre qui atteignit le *New-York*, passa dans la mer en soulevant les extrémités de trois bordages de 4 pouces.

Le 10 mars 1807, à Rio de la Plata, la muraille du *Stauneh*, de 16, fut percée à babord d'un trou de 4 pieds carrés. Le doublage de cuivre fut fondu en un point au niveau de l'eau au-dessous du trou du dalot.

Au mois de novembre 1811, la foudre s'échappa dans la mer en perçant un trou à tribord, dans la membrure du brick le *Belle-Ile*.

L'*Amphion*, des États-Unis, trente jours après son départ de New-York pour Rio, fut frappé le 21 septembre 1822 ; la foudre descendit par le mât de misaine, et, après de nombreux ravages dans l'intérieur du bâtiment, elle en sortit en brisant deux baux de la cale, et en arrachant en cet endroit une partie du doublage.

La *boule de feu* qui atteignit le bâtiment de la douane, le *Chichester*, sur les côtes d'Irlande, après avoir suivi le mât et pénétré dans le corps du bâtiment où elle fit de nombreux dégâts, s'échappa dans la mer en déchirant le doublage en cuivre au-dessous de la ligne d'eau. Une des chevilles présentait à son extrémité une goutte ronde due à la fusion.

On conçoit l'immense danger que court alors le navire.

En 1748, la foudre atteignit le *Dover*, fit d'effroyables dégâts à ses mâts et à ses ponts, enfonça et renversa plusieurs cabines, déplaça ou brisa plusieurs bordages, et l'un de ces bordages brisés laissa entrer dans le bâtiment 9 pieds d'eau en dix ou quinze minutes.

Le navire français *le Coquin* fut foudroyé dans la baie de Naples en 1830; sa muraille fut largement perforée un peu au-dessous de la ligne d'eau. Il aurait sombré si les embarcations de l'escadre ne l'eussent aidé à filer ses câbles et à s'échouer près du môle.

Les pompes sont un des points sur lesquels la foudre se porte le plus fréquemment, lorsqu'elle pénètre dans le corps du navire ,mais elles servent aussi à l'éconduire. Il est même

digne de remarque que toutes les fois que l'étincelle a pu atteindre l'archipompe, il n'y a pas eu de dégâts intérieurs. C'est par les pompes que la foudre sortit du *Royal-Sovereign*, en 1809, et du *San-Josef*, en 1803.

Nous pouvons, en outre, citer plusieurs cas où la foudre, après avoir pénétré dans le corps du navire, s'est portée sur les pompes qu'elle a plus ou moins endommagées et par lesquelles elle s'est très-probablement échappée en totalité ou en partie.

C'est ce qui est arrivé au *Hyacinth*;

Une portion de la pompe du *Competitor* et du *Scorpion*;

La pompe de babord du *Buzzard*;

Celle de l'arrière du *Race-Horse*;

Les deux pompes du *Surinam* et l'archipompe du *Rodney* furent fendues, entr'ouvertes ou rompues en fragments.

L'archi-pompe du vaisseau de 90, le *Duke*, fut également fendue, et la chaîne de la pompe de babord ainsi que la pompe elle-même furent brisées en plusieurs morceaux.

Mais il est une voie de sortie que la foudre prend sans doute fréquemment et qu'il importe d'indiquer au point de vue de la préservation. Nous avons vu le météore suivre très-souvent les mâts et pénétrer ainsi jusque dans le fond du bâtiment. Or, au bas de ces mâts, à leur implanture, se trouvent des pièces métalliques fortes et nombreuses qui servent à conduire le fil électrique et à le transmettre au dehors; on peut du moins expliquer de cette manière comment des navires ont eu leurs mâts fendus jusqu'à la quille sans être troués et même sans présenter aucune lésion à leur muraille, ainsi :

Le *London* et la *Thetis* eurent leurs mâts de misaine fendus du haut en bas sans que l'implanture, sans que la quille et la contre-quille eussent été fendues.

Sur *le Pélican* la foudre sillonna en hélice le grand bas-mât jusqu'à la quille.

Dans *la Mignonne*, le grand mât fut fendu et entr'ouvert jusqu'à la carlingue ou contre-quille.

Dans ces cas, tout porte à croire que les longues chevilles qui passent à travers la quille et la carlingue condui-

sent le fluide électrique dans la mer. Cette marche est démontrée directement par l'observation suivante :

Le 22 mai 1842, le *Frisk*, allant de Buénos-Ayres à Cork, fut foudroyé vers les côtes d'Irlande, près de Baltimore. L'un de ses mâts fut fracassé, et le courant électrique, après l'avoir suivie jusqu'à son implanture, s'échappa dans la mer par les chevilles de cuivre de la quille et de la contre-quille. Une de ces chevilles, en effet, avait subi un certain degré de fusion et présentait une goutte luisante d'environ un demi-pouce de long qui pendait exactement comme une goutte de pluie.

Enfin peut-être l'eau qui séjourne habituellement dans le fond du navire au pied des mâts et des machines à vapeur, joue aussi quelque rôle dans la transmission de la foudre au dehors.

Ce qui est positif, c'est que la foudre ayant frappé le *Ceylan*, le 8 mars 1839, dans le port de Malte, du petit mât de hune et du mât de misaine, elle tomba sur la machine à vapeur et se dispersa sans causer de dégâts en atteignant l'eau qui se trouvait au pied de la machine.

Foudre en globe à bord des navires. — Le 23 octobre 1685, le *Coronation* se trouvait à Portsmouth, une grosse *boule de feu* entra par un sabord dans le corps même du navire, et y causa de nombreux dégâts. Bientôt on vit plusieurs boules de feu courir sur le pont parmi les hommes de l'équipage.

Ce fut pendant ce même voyage que le *Royal-James* eut son grand mât en partie brisé par la foudre et que l'on vit une boule de feu courir çà et là sur le pont (1).

En 1741, l'amiral Anson naviguait dans la mer du Sud, près du cap Horn, un orage violent embrasa l'atmosphère ; une flamme courut le long du tillac d'un des vaisseaux de l'escadre, et se divisant avec un bruit semblable à celui de plusieurs pistolets, elle blessa plusieurs officiers et matelots. Cette flamme était accompagnée d'une très-forte odeur de soufre (2).

Le vaisseau anglais la *Montagne* se trouvait, le 4 no-

(1) *Phil. Trans.*, p. 1212 (1685).
(2) Richard, *Hist. de l'air*, t. VIII, p. 318.

vembre 1749, vers 48° 42' de latitude et 11° 1/3 de longitude occidentale, comptée de Paris, lorsque M. Chalmois, occupé à faire une observation sur le tillac, quelques minutes avant midi, et par un temps serein, vit du côté du vent, à environ 3 milles de distance, un globe de feu qui paraissait avoir le volume d'une grande meule de moulin. Il roulait sur la surface de la mer. Aussitôt on baissa les voiles de perroquet, etc.... mais il arriva si vite qu'avant de pouvoir lever les cargues principales, on le vit s'élever presque perpendiculairement tout au plus à 25 toises des grandes chaînes, alors il disparut avec une explosion pareille à celle qu'auraient pu faire cent coups de canon tirés à la fois et laissa après lui une odeur de soufre si forte qu'il semblait que le vaisseau n'était que du soufre. La détonation ne parut pas durer plus d'une demi-seconde. Le garde-mât de hune était brisé en plus de cent pièces. Une large fente régnait de haut en bas le long du grand mât. Des pièces de fer clouées au grand mât en avaient été arrachées et enfoncées avec tant de force dans le tillac que le charpentier fut obligé de prendre un levier de fer pour les en détacher, cinq hommes furent renversés sans connaissance; l'un d'eux fut grièvement brûlé par l'explosion.

Lorsque, le 1er août 1750, le *Malacca* reçut deux coups de foudre à peu d'intervalle l'un de l'autre, la seconde explosion, au rapport de Rob. Veicht, se composait de plusieurs *boules de feu*, qui, semblables à des projectiles creux, partaient les uns après les autres, éclatant, craquant comme des obus: ce phénomène dura une demi-minute environ. La pluie torrentielle qui était tombée immédiatement avant préserva le navire de l'incendie (1).

Le *Squirel*, de 28, fut frappé à Beerhaven, le 26 décembre 1791 ; une *boule fulminante* atteignit son grand mât aux deux tiers environ de sa hauteur à partir du pont, en enleva quelques fragments et le perça jusqu'au tiers de son épaisseur. Le bruit de l'explosion ressembla à la décharge d'un canon de l'avant, et une forte odeur envahit le navire (2).

L'accident suivant a été observé, le 14 février 1809, à bord

(1) *Phil. Trans.*, t. LIV, p. 284 (1766).
(2) *Nautic Mag.*, t. XII, p. 167.

du *Warren-Hastings* tout récemment lancé à Portsmouth, et alors amarré sur le Mother-bank. La matinée était belle et l'on jugea nécessaire d'élever le mât de perroquet, opération qui dura plusieurs heures. Vers trois heures après-midi, l'horizon s'obscurcit à l'ouest et tout indiquait une violente tempête. Quelques marins alors s'élancèrent pour amener le mât de perroquet, mais pendant cette manœuvre l'orage éclata, et trois globes de feu tombèrent successivement sur le navire. Le premier frappa *le main top mast cross tucks* et tua un homme sur le coup; le mât prit feu, flamba pendant cinq minutes environ et finit par tomber. Quelques marins s'élancèrent sur les haubans pour chercher le corps de leur camarade; le *second* globe de feu frappa et terrassa l'un d'eux; on le descendit sur le pont, mutilé et brûlé, et on fut obligé de lui amputer un bras : *le troisième* globe enfin tua un Chinois et endommagea le grand mât. Quelque temps encore après cet événement, on sentait à bord une forte odeur de soufre (1).

Le vaisseau de S. M. B. l'*Infatigable* protégeait un convoi en route pour les Indes, lorsque le 20 avril 1811, se trouvant à 46° 46' latitude, à 11° 39' longitude occidentale, *quatre globes de feu* apparurent sur ce vaisseau et près de lui; l'un de ces globes mit le feu à son mât de beaupré. Le *Warley*, la *Perseverance*, et le *Warren-Hastings* furent également endommagés dans leur mâture (Howard).

Dans son voyage au détroit de Béhring (1825-1828) le capitaine Beechey fut témoin d'une trombe pendant la durée de laquelle on vit une *boule de feu* tomber dans la mer. Une chaloupe qui avait été écartée du vaisseau, fut enveloppée par une telle flamme que le lieutenant Belcher pensa devoir se débarrasser de son ancre en l'enfonçant de quelques brasses sous l'eau et faire couvrir les fusils des marins (2).

Lorsque, le 5 janvier 1830, la bombarde l'*Etna*, de 8, fut frappée de la foudre dans le canal de Corfou, le fluide élec-

(1) *Tab.*, XXIX, Howard.
(2) Peltier, *Trombes*, p. 132.

trique descendit de l'atmosphère comme une fusée ou comme une bombe, fit explosion près du mât de misaine à environ 12 pieds au-dessus du pont, avec un bruit terrible (1).

Vers la fin de 1839, le vaisseau le *Vanguard*, était à l'ancre dans la baie Vourlach; le temps était très-chargé avec succession de grains violents, lorsqu'une *boule de feu* passa obliquement entre le mât de misaine et le grand mât, et, avant de tomber dans l'eau à babord, fit explosion tout près du gangway (passavant ou galerie du faux pont) avec assez de violence pour secouer le bâtiment de l'avant à l'arrière, comme l'eût fait un navire qui aurait sauté près de là. Les paratonnerres étaient dans leurs boîtes, car on ne prévoyait pas un pareil accident. Les ferrures des mâts et des vergues n'ont donc pas eu d'influence sur la direction du météore.

Le 7 février 1840, le bâtiment de la douane *Chichester* se trouvait sur la côte de Galway (Irlande), lorsqu'une *boule de feu* descendit le long du mât, fracassa une partie du pont et pénétra dans la cabine du capitaine Stuart, alors assis à table avec ses deux filles. Le météore passa sur la table, fracassa les plats et les verres, sans blesser personne, rompit une cloison et pénétra dans le fond même du bâtiment pour s'échapper dans la mer par les boulons de cuivre et en déchirant le doublage au-dessous de la ligne d'eau. L'aimantation des boussoles fut détruite et les montres des passagers s'arrêtèrent. Le navire fut rempli de fumée (2).

En juin 1848, le *Competitor* fut frappé deux fois en un quart d'heure, près de l'île Saint-Paul, dans son passage de Gravesand à Port-Adélaïde. Au premier coup, une *boule de feu* paraissant avoir le double de la tête d'un homme descendit le long des agrès du grand mât et disparut dans l'eau à tribord après avoir semé sur le pont une foule d'étincelles, comme celles qui s'échapperaient d'un brandon. Une portion de pompe fut fondue ainsi que le tablier de plomb qui entoure le mât au niveau et peu au-dessus du pont. Le second

(1) *Nautic. Mag.*, t. XIII, p. 162.
(2) *Nautic. Mag.*, t. IX, p. 387.

coup, encore plus terrible que le premier, atteignit le mât de misaine et descendit ainsi le long des agrès. Plusieurs hommes furent renversés, mais aucun d'eux ne fut tué ni même blessé (1).

Le navire le *Moïse* était en vue de Malte, lorsqu'il fut surpris par un violent orage. Le capitaine Pearson se trouvait sur le pont, vers minuit, et vit une boule de feu frapper le grand mât... A l'instant même, en trois minutes, le navire sombra. Quatorze personnes de l'équipage et deux passagers périrent. Le capitaine échappa seul au moyen d'une pièce de bois sur laquelle il se soutint pendant dix-sept heures. Il paraît que le globe foudroyant suivit le grand mât, éclata dans le corps même du navire, et le fendit en deux (2).

Le 7 décembre 1838, le vaisseau anglais le *Rodney* fut assailli dans la Méditerranée par un orage mêlé de grêle. La foudre tomba avec un fracas épouvantable sur son grand mât de perroquet qu'elle enleva presque jusqu'au chouquet ; elle mit le feu à une voile ferlée, coupa un tiers du grand mât de hune, descendit le long du grand mât, puis s'échappa à 8 pieds au-dessus du pont en un globe de feu. Une fumée épaisse et sulfureuse se répandit dans le navire. Sur quatre hommes qui se trouvaient au sommet du grand mât au moment où la foudre l'atteignit, un fut tué sur le coup, un autre mourut quelques heures après. Leurs vêtements avaient totalement disparu (Aug. Fabreguette, consul de France à Naples).

Le 13 juillet 1798, le *Good-Hope*, de la Compagnie des Indes, se trouvait par 35° 40' de latitude sud et 42° de longitude orientale ; il fut frappé par la foudre globulaire qui tua raide un matelot, en blessa grièvement un autre (3).

Une boule de feu frappa le *Cambrian*, y tua deux hommes et en blessa plusieurs (4). Une boule feu frappa aussi le *Gibraltar* (5). Des exemples analogues sont encore signalés :

(1) *Nautic. Mag.*, t. IX, p. 387.
(2) *Ibid.*, t. XXI, p. 594.
(3) Arago, *Notice*, p. 266.
(4) *Nautic. Mag.*, t. XII, p. 399.
(5) *Nautic. Mag.*, t. XII, p. 535.

sur *la Minerve* (1); sur *la Loire* (2); sur *l'Armada* (3); sur le *Moïse* (4); sur le *Dictator* et sur le *Duke* (5).

Le 18 juin 1845, à 9 heures 30 minutes de soir, le brick *Victoria*, allant de Newcastle à Malte, subit de fortes rafales de vent. Pendant qu'on carguait les voiles hautes, le calme revint et on sentit une chaleur insupportable et une odeur pénétrante de soufre. Au même moment, trois corps lumineux sortaient de la mer à un demi-mille environ du navire et restèrent visibles pendant dix minutes (6) (Pauwell).

Le récit du brick *Victoria* est pour M. Sn. Harris d'un grand intérêt. Il ne doute pas que ce ne soit un phénomène électrique de l'ordre de ce que M. Faraday a appelé une décharge lumineuse.

On peut se rendre compte de la formation de ces boules de feu, de ces sortes de *meules* de feu de la manière suivante. Un nuage orageux fortement chargé est abaissé par le vent sur le vaisseau; sa distance de la mer, quoique au delà de la décharge foudroyante, admet cependant une décharge lumineuse qui produit cette apparence de boule ou de roue qui a effrayé l'équipage. Lorque le nuage s'est abattu sur le bâtiment à distance foudroyante la décharge a eu lieu avec bruit et on sait que l'odeur de soufre accompagne constamment ces sortes de décharges.

Bruit de l'explosion. Lorsque la foudre atteint un navire, le bruit de l'explosion est souvent terrible, semblable à celui d'une bordée entière de pièces de gros calibre.

La détonation fut comparée sur le *Cambrian*, à celle d'un canon de 32; sur *la Calliope*, à celle d'une pièce de 64.

Les passagers du *New-York* furent éveillés par un bruit semblable au coup d'un canon de gros calibre tiré tout prêt de leurs oreilles.

La détonation sur le *Magnificent* semblait celle de toute une bordée de canons.

(1) *Nautic. Mag.*, t. XII, p. 643.
(2) *Nautic. Mag.*, t. XII, p. 164.
(3) *Nautic. Mag.*, t. XII, p. 325.
(4) *Quartely journal*, t. XXVI, p. 448.
(5) *Nautic. Mag.*, t. XII, p. 457.
(6) *Catal. des obs. des météor. lumin.* de septembre 1833 à juillet 1846.

Lorsque, le 26 septembre 1846, le *Fisgard* fut frappé étant à l'ancre à l'embouchure de la rivière de Nisqually (Orégon), la détonation fut si violente qu'un des officiers la compara à celle que produirait une bordée lâchée au même instant de chaque côté du bâtiment.

Et au moment où *la Clorinde* fut frappée, sir Samhood, qui était assis à une table, s'imagina que le magasin à poudre avait fait explosion, tant le bruit et la secousse furent terribles.

Phénomènes lumineux. — Les *phénomènes lumineux* qui accompagnent la chute de la foudre à bord des navires sont nombreux et variés; quelquefois, par exemple, l'explosion s'accompagne de larges étincelles et de boules de feu qui se dispersent sur le pont, comme cela a été observé sur le *Bayfield*, non loin de Sierra-Leone. Des boules de feu traversèrent le pont du *Rodney*, si violemment atteint devant Syracuse.

Assez souvent, au moment de l'explosion, les mâts et le corps même du navire paraissent enveloppés de flammes. Cet effrayant phénomène a été constaté à bord du cutter le *Hawk*, en 1840; sur le *Beagle*, en 1831; sur le *Fisgard*, en 1846. Le pont du *Magnificent*, de 74, foudroyé en 1814, parut inondé de lumière.

Odeur et vapeur répandues dans l'intérieur des bâtiments foudroyés. — L'intérieur des navires frappés de la foudre est très-souvent rempli d'*odeur sulfureuse* ou de *vapeur épaisse et sulfureuse*, pour nous servir des expressions employées par les narrateurs de l'accident.

Sur les dix-neuf relations qui mentionnent l'odeur de la vapeur ou de la fumée qui remplissait la cale, les entre-ponts et les cabines, sept fois c'était une *vapeur épaisse* avec odeur sulfureuse (le *Bellerophon*, le *Competitor*, le *Frisk*, le *Hawk*, le *London*, *la Mignonne*, *le Trident*);

Onze fois il n'est pas fait mention de vapeur, mais d'une *forte odeur sulfureuse*, quelquefois analogue à celle qui résulte de l'inflammation de la poudre (*L'Atlas*, *l'Achates*, *la Belette*, le *Blazer*, *la Colombine*, le *Diamaten*, le *Goliath*, le *Hyacinth*, le *Squirrel*, le *Wasp*, la *Themis*);

Une fois, on ne constata qu'une forte odeur de feu avec une fumée, ce fut sur le *Rodney*, de 80;

Une fois, enfin, c'était une fumée dont l'odeur n'a pas été indiquée.

Notons spécialement cette vapeur ou cette fumée épaisse qui remplissait en tout ou en partie le corps du navire; en sorte que plusieurs fois, notamment sur *la Mignonne*, le *Blazer*, le *Soupthampton* on crut que le navire était en feu; et parfois l'odeur fut si forte que les hommes se crurent ou furent en danger de suffocation; rien ne prouve cependant qu'aucun d'eux ait été suffoqué.

L'odeur sulfureuse disparut, en général, promptement; elle persista dans l'*Atlas* tout le jour et toute la nuit suivante.

Le vaisseau de ligne le *Golymin* fut foudroyé en 1812. « Dans la visite qui suivit l'accident, dit M. Rihouet, je me » fis accompagner d'un officier et du maître canonnier. Ar- » rivé à la grande soute à poudre de derrière, je la trouvai » intacte; mais lorsque je fis ouvrir la soute à pain, qui y était » attenante, il en sortit aussitôt une fumée noire et épaisse » et une odeur sulfureuse qui faillit nous suffoquer tous, » quoique le maître canonnier n'eût fait qu'entr'ouvrir la » porte et la refermer aussitôt. Etant entrés immédiatement » dans la soute à pain, nous n'y trouvâmes, à notre grand » étonnement, aucune trace de feu, mais seulement un bou- » leversement complet : plus de vingt milliers de biscuits » avaient été remués de fond en comble, sans qu'on parvînt » à découvrir aucun indice du chemin qu'avait dû suivre la » matière fulminante pour parvenir dans cet endroit. »

Au mois d'août 1842, près de Nankin, *la Défiance*, grand bâtiment de transport, chargé d'approvisionnements y compris des fusées, fut foudroyé et rempli d'une fumée sulfureuse qui consterna les troupes et les marins qui crurent à une prochaine explosion (Harris).

La Félicité fut foudroyée le 16 décembre 1856, près de Bone; la foudre avait été précédée d'une chute de grêlons gros comme des noix; elle frappa le mât de perroquet sous la forme d'une immense gerbe de feu; le navire fut tout en-

vironné de flammes, et envahi par une très-forte odeur de soufre (1).

Répartition des coups foudroyants sur les navires dans des latitudes diverses. — Sur 176 bâtiments de la marine royale britannique, 66 ont été foudroyés dans les latitudes tropicales;

65 dans la Méditerranée;

36 dans les mers du Nord;

Et 9 seulement dans les latitudes du Sud.

Ces chiffres, comme on le pense bien, n'indiquent pas la fréquence relative de la fulguration dans ces diverses latitudes, puisque nous ignorons le nombre des navires qui ont sillonné ces mers pendant la même période.

Distribution des coups de foudre sur les navires suivant les saisons ou périodes de l'année dans diverses latitudes. — Dans l'examen suivant les latitudes du nord comprennent les mers du Nord, la Manche, les côtes de France et la Méditerranée.

Les *latitudes tropicales* comprennent les Indes orientales et occidentales, et les côtes d'Afrique. Les *latitudes du Sud* comprennent le cap de Bonne-Espérance et l'Amérique du Sud.

1° Dans les latitudes du Nord :

Mars, avril et mai composent le printemps;

Juin, juillet et août composent l'été;

Septembre, octobre, novembre composent l'automne;

Décembre, janvier, février composent l'hiver.

2° Dans les latitudes du Sud cet ordre est renversé, tandis que dans les latitudes tropicales, où les saisons sont loin d'être aussi marquées, leur distribution est en grande partie arbitraire.

(1) *Cosmos*, t. X, p. 325-398 (1857).

TABLE I.

MOIS.	MERS DU NORD	MÉDITERRANÉE	TROPIQUES	LATITUDES SUD.
Janvier.	4	7	3	1
Février.	10	6	4	»
Mars.	2	8	9	4
Avril.	1	2	2	1
Mai.	0	6	2	1
Juin.	4	1	6	1
Juillet.	3	3	8	1
Août.	4	4	4	»
Septembre.	0	11	6	»
Octobre.	1	10	8	»
Novembre.	2	6	6	»
Décembre.	5	5	4	»
Totaux.	36	69	62	9

TABLE II.

PÉRIODES DE L'ANNÉE	MERS DU NORD	MÉDITERRANÉE	TROPIQUES	LATITUDES DU SUD
Mars, avril, mai.	3	12	17	0
Juin, juillet, août.	11	5	18	2
Septembre, octobre, novembre.	3	26	20	»
Décembre, janvier, février.	19	18	11	1

1° D'après ces deux tableaux on voit que pour les mers du Nord c'est surtout en hiver que les navires ont été foudroyés : vient après l'été ; nous inscrivons ensuite le printemps et l'automne (*ex æquo*).

Le foudroiement est plus fréquent en hiver qu'en été dans la proportion de 19 à 11, ou de 2 à 1 environ.

Cette différence est bien plus grande pour l'hiver, d'une part, le printemps ou l'automne de l'autre, puisqu'elle est de 19 à 3 ou de 6 à 1.

La différence entre l'été et le printemps ou l'automne est de 11 à 3 ou de 3 à 1 environ.

Le rapport de 30 à 6 ou de 5 à 1, est celui qui a eu lieu entre la somme des cas observés en hiver et en été, et la somme des cas signalés au printemps et en automne.

Ainsi les chances de dégâts pour les bâtiments sont dans les latitudes du Nord deux fois plus grandes en hiver qu'en été; quatre fois plus grandes en été qu'au printemps ou en automne et six fois plus grandes en hiver qu'au printemps ou en automne.

Les observations que ces tableaux comprennent ayant été recueillies pendant un grand nombre d'années, dans toutes les latitudes et dans tous les climats, on n'a que peu à redouter les erreurs qui résulteraient de quelques circonstances momentanées.

On voit qu'il n'y a aucune heure du jour ou de la nuit, qu'il n'y a aucun temps de l'année où les navires ne soient exposés à être foudroyés.

2° Dans la Méditerranée c'est en automne que les cas de foudroiement sont le plus nombreux, 1/3 des cas environ; vient ensuite l'hiver, 1/4 environ; puis le printemps, 1/6 environ, puis enfin l'été, 1/13 environ.

Les cas observés en automne et en été sont dans la proportion de 26 à 5 ou de 5 à 1 environ.

La proportion entre l'hiver et l'été est de 18 à 5 ou 4 à 1 à peu près.

Entre l'hiver et le printemps, elle est de 18 à 12 ou de 3 à 2.

Entre l'automne et le printemps, de 26 à 12 ou de 2 à 1.

Des 12 cas qui ont eu lieu au printemps les 2/3 sont arrivés au mois de mars.

Ainsi les risques à courir sont, dans la Méditerranée, évidemment plus considérables en automne qu'à toute autre époque de l'année. Ils sont cinq fois plus grands en automne qu'en été; et deux fois plus grands en automne qu'au printemps. C'est en été que l'on court le moins de danger : le printemps tient, sous ce rapport, le milieu entre l'été et l'hiver.

3° Dans les *latitudes tropicales* les cas de foudroiement sont à peu près en même nombre en automne (20 cas); en été (18) et printemps (17). C'est en hiver qu'ils sont le moins nombreux (11).

Les cas en automne sont à ceux de l'hiver dans le rapport de 20 à 11 ou de 2 à 1 environ.

Ainsi dans ces latitudes, les risques à courir existent surtout dans la période des mois chauds.

4° Quant aux cas observés dans les *latitudes sud*, ils sont en trop petit nombre pour servir de base à une statistique. Il est seulement à remarquer que sur 9 navires foudroyés presque tous l'ont été dans le trimestre d'automne de *ces latitudes :* des 5 cas arrivés à Rio de la Plata, 4 ont eu lieu en mars et le 5e en avril.

Navires foudroyés plusieurs fois pendant un même orage. — Il n'est pas très-rare qu'un navire soit foudroyé deux fois pendant un même orage. Quelques bâtiments ont même été frappés 3, 4 et 5 fois à de très-courts intervalles et dans la revue de M. Snow Harris il est dit que 1 fois sur 27 les bâtiments ont été frappés de 2 à 5 fois dans une heure et pendant un même orage, ainsi :

Les 6 navires suivants ont été foudroyés 2 fois en peu de moments.

Le *Malacca* — 1 août 1750 — Indes orientales — coup sur coup.

La *Thisbe* de 32 — 4 janvier 1786 — Saint-Marry's Scilly — id.

Le *Tonnant* de 80 — 5 décembre 1804 — Belle-Ile — deux coups en une demi-heure.

Le *Coldstream* — 16 avril 1812 — Indes orientales — 2 coups à 15 minutes d'intervalle.

Le *Hyacinth* — septembre 1833 — Océan Indien — coup sur coup.

Le *Competitor* — 17 juin 1848 — île Saint-Paul — 2 coups en 1/4 d'heure.

Le paquebot le *New-York*, le 19 avril 1827, dans son passage de New-York à Liverpool, fut foudroyé 2 fois. Il en fut

sans doute de même pour l'*Eagle* qui fut frappé 2 fois le 21 janvier 1812 près de Corfou.

Les bâtiments que nous allons signaler ont été frappés *trois*, *quatre* et même *cinq fois* pendant un même orage.

Le 4 mai 1843, la *Vigie*, alors près de l'île du Prince, dans le golfe de Guinée fut frappée, vers 6 heures du matin, deux fois à cinq minutes d'intervalle et chaque fois la foudre atteignit le paratonnerre qu'elle suivit; 30 minutes après eut lieu une troisième détonation presque aussi forte que les autres; seulement elle se fit tout près du bâtiment, sans l'atteindre.

Dans le commencement de décembre 1770, entre Mahon et Malte, un vaisseau amiral russe fut foudroyé une première fois à 10 heures du soir; et deux autres fois, à quelques minutes d'intervalle vers 2 heures après minuit. Le premier coup atteignit le grand mât et les 2 autres frappèrent le mât de misaine.

Le 14 février 1809, le vaisseau de ligne le *Warren-Hastings* qui, peu de jours auparavant, avait été lancé à la mer à Portsmouth fut foudroyé trois fois dans un intervalle de temps assez court. Chaque fois la foudre se porta vers les mâts du navire sous la forme d'un *globe de feu*.

Le 5 janvier 1830, dans le détroit de Corfou, le *Madagascar*, de 50 canons, éprouva 5 décharges destructives en 2 heures.

L'*Etna* et le *Mosquito* furent aussi foudroyés à plusieurs reprises pendant le même orage.

Enfin le *Spartiate*, de 74, étant pendant l'hiver de 1827, à l'ancre dans le Tage, fut frappé plusieurs fois coup sur coup.

Navires foudroyés plusieurs fois à quelques mois, à quelques années d'intervalle. — Quelques navires ont été foudroyés 2 fois à quelques jours d'intervalle; ainsi :

Le navire suédois le *Stockholms-Scott* fut frappé le 22 juillet et le 11 août 1777; il avait déjà été foudroyé en janvier 1773.

Le *Cumberland*, de 74, fut très-gravement endommagé le 25 août 1810 sur les côtes de Sicile. Trois ou quatre jours

après, la foudre l'atteignit une seconde fois. Il éprouva le même accident le 25 février 1812, près de Torbay : ainsi, 3 foudroiements en 18 mois.

L'*Eagle*, de 74, fut frappé le 22 janvier 1811 dans l'Adriatique, le 14 janvier 1812 devant Corfou; et deux fois le 21 janvier de la même année, également près de Corfou.

Enfin le *Hyacinth*, foudroyé en 1833 et en 1838, perdit chaque fois son mât de perroquet et son mât de hune.

BATIMENTS ANGLAIS FOUDROYÉS DE 1829 A 1842

d'après M. Harris.

STATIONS	BATIMENTS DÉPOURVUS DE PARATONNERRES et endommagés	BATIMENTS MUNIS DE PARATONNERRES fixés à tous leurs mâts ET NON ENDOMMAGÉS
Méditerranée.	Océan, 80; Gloucester, 74, *Céphalonie*; Gloucester, 74, *Malte*; Mosquito, 10; Melville, 74; Madagascar, 46; Wasp, 18; Rodney, 92; Tyne, 28; Powerful, 84; Scorpion, 10; Blazer, steam-wessel; Ceylan, receiving-ship; Tribune, 24.	Caledonia, 120; Asia, 84; Aigle, 24; Revenge, 76; Rodney*, 92.
Indes Orientales.	Tamar, 26; Hyacinth, 18, *Penang*; Hyacinth, 18, *Océan Indien*; Raleigh, 18; Endymion, 46; Starling, 4, surveying-wessel; Harrier, 18.	Cornwallis, 74; Minden, 74; Agincourt, 74; Talbot, 28; Wolf, 18.
Amérique du Nord et Indes occidentales.	Race-horse, 18; Racer, 16; Gannet, 18; Renard, 6; Snake, 16; Pique, 36; Royal-Oak, receiving-ship.	Blanche, 46; Forte, 44; Sapphire, 28; Tweed, 20; Scylla, 18; Orestes, 18; Resistance and Crocodile, troop-shirps.
Amérique du Sud.	Racer, 16.	Spartiate, 74; Malabar, 74; Dublin, 50; Druid, 46; Actœon, 28; Daphne, 18; Fly, 18; Beagle, 10; Bramble, 10, surveying wessels.
Cap de Bonne-Espérance. Côtes d'Afrique.	Medina, 20, frappée deux fois; Columbine, 16; Lynx, 3; Pelican, 18; Primrose, 18; Atholl, 28; Buzzard, 3.	Southampton*, 32; Dryad, 42.
La Manche et Service général.	Southampton, 50; Dispatch, 18; Pelican, 18; Rhadamanthus et Gorgon, steam-frégales. 41	Saint-Vincent, 120; Wasp*, 18; Erebus et Thunder, surveying-wessels. 33

Les bâtiments marqués * se trouvent dans les deux colonnes, parce qu'ils ont été munis de paratonnerres après avoir été endommagés par la foudre.

Coups de foudre remarquables par le nombre des tués et des blessés. — Le nombre connu des personnes tuées ou blessées par la foudre à bord des navires est considérable. Sur 220 bâtiments foudroyés, 70 fois, soit dans le 1/3 des cas, quelques hommes de l'équipage ont été ou tués ou blessés ou renversés violemment sur le pont, et souvent en grand nombre à la fois.

210 bâtiments de la marine royale anglaise ayant été foudroyés, plus de 90 matelots ont été tués et plus de 200 blessés ou plus ou moins maltraités.

Inscrivons ici les coups de foudre les plus remarquables par le nombre des tués et des blessés.

1 tué, 8 blessés.	A bord du *Bellerophon*, de 74 canons, le 27 août 1807.
2 tués, 4 blessés.	A bord du *Surinam*, de 18, le 11 décembre 1806, devant Belle-Ile.
2 hommes littéralement rôtis (were literaly roasted) et plusieurs blessés.	A bord de la *Persévérance*, de 36, le 11 septembre 1789, dans la baie de Bengale.
2 tués et un grand nombre de blessés, les hommes descendus dans l'entre-pont furent au nombre de 20.	A bord du *Cambrian*, de 44, le 22 février 1789, devant Plymouth.
2 tués et 13 blessés.	A bord du *Goliath*, de 74, le 29 août 1802, dans les Indes occidentales.
3 tués, de nombreux blessés.	A bord de la frégate la *Clorinde*, le 11 mars 1813, près de Ceylan.
3 tués et 5 blessés.	A bord de la frégate autrichienne le *Leipzig*, en 1833, dans le canal de Céphalonie.
4 tués et 24 renversés.	A bord du *Captain*, de 74, en août 1809.
5 tués et 9 blessés.	A bord de la *Mignonne*, corvette de 18, le 4 juillet 1804, aux Indes occidentales.
5 tués, 3 gravement brûlés et 2 lancés par-dessus bord.	Cet accident fut observé sur le *Sultan*, le 21 août 1808, à Port Mahon.
8 hommes tués dans les agrès; 9 gravement blessés, dont plusieurs succombèrent; d'autres moins gravement atteints, ainsi plus de 20 hommes furent mis hors de combat...	Cet événement eut lieu à bord du *Repulse*, de 74, le 13 avril 1813, sur les côtes de Catalogne.
10 tués et 14 gravement blessés.	A bord du sloop le *Sappho*, en février 1820.

Ajoutons à cette lamentable liste l'observation suivante :

La foudre qui éclata sur *la Belette*, de 18, le 24 mai 1825, dans les Indes occidentales, fracassa les mâts supérieurs, et renversa 36 hommes dont 5 furent gravement blessés.

Lieux où les hommes sont le plus souvent atteints. — Il est à regretter que dans le plus grand nombre des observations que nous examinons, on n'ait pas précisé le poste que les hommes occupaient lorsqu'ils ont été blessés ou tués par la foudre.

Toutefois, d'après les relations qui signalent ce poste, nous voyons que les 5/6 des individus ont été tués ou blessés surtout au pied ou vers la tête du grand mât; dans la grande hune; au pied du mât d'artimon; beaucoup plus rarement sur les vergues du grand hunier, de petit perroquet, dans les barres traversières de hune. Ajoutons que souvent des matelots, occupés dans les agrès, ont disparu, lancés pardessus les bords.

1/6 seulement des tués ou blessés se trouvaient dans les entre-ponts auprès de l'établi de l'armurier, près des pompes qu'ils manœuvraient (sur *le Royal-Sovereign*).

Nous voyons aussi que plusieurs hommes aux pompes, à la roue du gouvernail, ou qui tenaient le câble-chaîne ont été fortement étourdis, mais sans être réellement blessés.

Ainsi le poste le plus dangereux, au point de vue de la fulguration, est incontestablement sur la mâture, dans les agrès, et plus particulièrement sur le grand mât ou dans ses hunes.

En conséquence, dans les violents orages on devra s'abstenir, à moins de nécessité absolue, d'envoyer ou de laisser les hommes sur les régions élevées du navire.

CHAPITRE V

EFFETS DE LA FOUDRE SUR LA POUDRE

SOMMAIRE. — Effets de la foudre sur les magasins à poudre. — Chute de la foudre sur les magasins à poudre avec explosion, sans explosion. — Effets produits sur de petites quantités de poudre.

Effets sur les magasins à poudre. — Le tonnerre tombe assez fréquemment sur les magasins à poudre. Nous avons réuni et analysé 29 observations de ce genre. Maffei (1) dit en avoir noté 16 en cinq années en Europe. L'isolement des magasins à poudre, la position des moulins à poudre sur le bord des rivières sont autant de causes prédisposantes.

Voir à la page suivante le tableau qui résume nos observations :

Chute de la foudre sur des magasins à poudre. — Explosion. — Guichardin nous a conservé l'histoire de la chute de la foudre sur les approvisionnements de poudre des Français, au château de Milan en 1521. Le jour anniversaire de la mort du prince des Apôtres, le soleil était déjà couché, le ciel était serein ; lorsqu'il tomba du haut de l'atmosphère une manière de feu (*a guisa d'un fuoco*) devant la porte du château où l'on avait apporté un grand nombre de barils de poudre d'artillerie..... Plus de 150 personnes furent tuées ; un grand nombre d'autres perdirent le sentiment ou toute présence d'esprit, en sorte qu'il eût été facile au peuple, s'il se fût soulevé, de s'emparer de la forteresse pendant la nuit.

L'an 1546, la foudre tomba à Malines sur une grosse et forte tour où l'on conservait une grande quantité de poudre à canon ; presque la moitié de la ville fut démolie par suite de l'explosion, et un grand nombre de personnes succombèrent

(1) *Dell. form. del. fulm. lit.*, VIII.

NOMS D'AUTEURS	DATES	LOCALITÉS	PAYS	RÉSULTATS	AVEC ou SANS PARATONNERRE
1 Guichardin.	1521	Milan.	Italie.	Explosion.	Sans paratonnerre.
2 Amb. Paré.	1546	Malines.	Belgique.	Explosion.	Sans paratonnerre.
3 Conti.	1582	Boude.		Explosion.	Sans paratonnerre.
4 Scheuchzer.	1557	Zürich.	Suisse.	Sans explosion. Dégâts	Sans paratonnerre.
5 —	1652	Zürich.	Suisse.	Explosion.	Sans paratonnerre.
6 —	5 nov. 1755.	Maremme.	France.	Sans explosion. Dégâts	Sans paratonnerre.
7 —	18 août 1760.	Brescia.	Italie.	Explosion.	Sans paratonnerre.
8 —	11 juin 1775.	Ile Saint-Second.	Près de Venise.	Sans explosion. Dégâts.	Sans paratonnerre.
9 —	1782	Sumatra.	Océanie.	Explosion.	Sans paratonnerre.
10 —	8 mai 1782.	Glogau.	Silésie prus.	Sans explosion.	Paratonnerre.
11 Toaldo.	1 juillet 1783.	Carpentras.	France.	Explosion.	Sans paratonnerre.
12 —	18 août 1783.	Malaga.	Espagne.	Explosion.	Sans paratonnerre.
13 —	4 mai 1785.	Tanger.	Maroc.	Explosion.	Sans paratonnerre.
14 —	28 mai 1790.	Erfurt.	Allemagne.	Explosion.	Sans paratonnerre.
15 —	26 juin 1807.	Luxembourg.	—	Explosion.	Sans paratonnerre.
16 —	9 sept. 1808.	Venise.	Italie.	Explosion.	Sans paratonnerre
17 —	nov. 1829.	Navarin.	Grèce.	Explosion.	Sans paratonnerre.
18 Harris.		Dum-Dum.	Indes orientales.	Explosion.	Sans paratonnerre.
19 —		Mazagon.	—	Explosion.	Sans paratonnerre.
20 Acad. de Bruxelles	29 juillet 1826.	Maubeuge.	France.	Pas d'explosion.	Paratonnerre.
21 Beyer.	1787	St-Philippe de Carthagène.		Pas d'explosion.	Paratonnerre.
22 Bugge.	1788	Ile d'Amagria.		Pas d'explosion.	Paratonnerre.
23 —	23 février 1829.	Bayonne.	France.	Pas d'explosion.	Paratonnerre.
24 Liais.	11 juillet 1852.	Cherbourg.	2 poudrières. —	Pas d'explosion.	Paratonnerre.
25 Presse d'Orient.	6 octobre 1856.	Rhodes (ville).	Ile de Rhodes.	Explosion.	?
26 Comptes rendus.	5 juillet 1852.	Béthune.	France.	Pas d'explosion.	Paratonnerre.
Horsburgh.		Vaisseau Royal-Charlotte.	Rivière Hooghley.	Explosion.	
—	1798	Vaisseau la Résistance.	Détroit de Malacca.	Explosion.	
—	1801	Vaisseau le Gibraltar.		Explosion.	

dans cette catastrophe. — Ambroise Paré (3e liv. des Playes) donna des soins à plusieurs blessés. Suivant Rosero, l'explosion fut si terrible, *che si pensarono essere arrivati alla fine del mondo* (1).

Conti (2) rapporte la chute de la foudre sur le magasin à poudre de Boude, en 1582.

L'échec de Boude attrista encore les esprits des Turcs comme pronostic de calamités prochaines; la foudre étant tombée sur les approvisionnements de poudre, les flammes s'élancèrent tout à coup en si grande quantité et causèrent des dégâts tels que non-seulement la forteresse sauta en l'air, mais qu'il en fut de même de plusieurs édifices et de plusieurs maisons particulières.

En 1652, le *Güsturm* à Zurich fut atteint par la foudre; il contenait 423 quintaux de poudre; l'explosion fut terrible et causa d'effroyables dégâts.

Le 18 août 1769, au matin, la foudre tomba sur la tour de Saint-Nazaire à Brescia. Cette tour reposait sur un magasin souterrain qui contenait 1,038,000 kilogrammes de poudre appartenant à la république de Venise. Cette immense masse de poudre prit feu en même temps. La tour de Saint-Nazaire, lancée tout entière dans les airs, retomba comme une pluie de pierres. On en trouva des débris à d'énormes distances. Un canon de 24 fut porté à un mille et demi du lieu où il était placé. La sixième partie des édifices de la belle cité de Brescia fut renversée ou écrasée; le reste était fort ébranlé et menaçait ruine : 3,000 personnes périrent. Le dégât matériel s'éleva à 16 millions de francs.

En mars 1782, la foudre fit sauter le magasin à poudre du fort Marlborough à Sumatra. Ce magasin contenait 400 barils de poudre qui prirent feu (3).

Le 1er juillet 1783, vers 4 heures du soir, la foudre tomba à Carpentras sur l'ancien lazaret; elle mit le feu à du bois et à plusieurs quintaux de poudre; l'explosion tua 5 personnes et en blessa 15 autres.

(1) *Relazione univers. di Giov. Botero.* Venise, t. I, p. 53 (1640).
(2) *Historie de suoi tempi*, part. II, l. 27.
(3) *Histor. of Sumatra.*

Le 18 août 1783, la foudre mit le feu aux poudres qui se trouvaient alors dans le magasin de Malaga ; l'édifice fut renversé. La ville tout entière aurait certainement eu le même sort si quelque temps auparavant elle n'avait obtenu que la plus grande partie des poudres fût tranportée dans des magasins éloignés.

Le 4 mai 1785, la foudre mit le feu au magasin à poudre du Tanger. Le magasin et la plupart des maisons environnantes furent renversés.

Le 28 mai 1790, la foudre tomba vers 8 heures et 1/2 du soir sur la grande tour du fort de Pétersberg à Erfurt. Quelques minutes après, on vit des étincelles en sortir sans interruption, puis bientôt, semblables à un volcan, les étincelles de cette tour sautèrent avec un bruit terrible en répandant une odeur insupportable ; le fracas et le grondement durèrent une demi-heure. Le magasin qui prit feu ne contenait pas, il est vrai, de provisions de poudre ; mais 4,212 grenades chargées ; 15,000 grenades vides disparurent. Le feu avait pris également à une grande quantité de poix résine, de salpêtre, de soufre et de torches (1).

Le 26 juin 1807 la foudre fit sauter à 11 heures et 1/2 du matin, un magasin à poudre de Luxembourg très-solidement bâti jadis sur le roc par les Espagnols et qui contenait près de 13,000 kilogrammes de poudre. Il périt une trentaine de personnes. Plus de 200 furent mutilées ou grièvement blessées. La ville basse (le Gründ) était un monceau de ruines. On trouva à près d'un lieue de distance de très-grosses pierres du magasin que l'explosion y avait lancées.

Le 9 septembre 1808, la foudre tomba sur un magasin de munitions du fort *Saint-Andrea-del-Lido* à Venise et le fit sauter. L'explosion détruisit complétement une caserne, une chapelle adjacente, un mur de la demi-lune et endommagea beaucoup la caserne où logeaient les canonniers.

En novembre 1829 un magasin à poudre, à Navarin, atteint par le météore, fit explosion (Amiral Rosamel).

(1) Hamilton, *Extrait d'un écrit du conseiller Litchenberg*.

Dans ces dernières années, il y a eu dans les Indes orientales deux explosions de cette nature, savoir : celle d'un magasin à Dum-Dum, et celle d'un grenoir à Mazagon. Ces deux établissements étaient dépourvus de paratonnerres (S. Harris).

Le 6 octobre 1856, à 4 heures de l'après-midi, au milieu d'un orage terrible, la foudre pénétrait dans les caveaux de l'ancienne église Saint-Jean à Rhodes, et mettait le feu à une quantité de poudre qu'on évalue approximativement à 3500 quintaux turcs. 4 à 500 personnes perdirent la vie dans cette catastrophe. La relation de *la Presse d'Orient* du 14 novembre 1856 à laquelle nous empruntons ce court récit ne dit pas si l'ancienne cathédrale des chevaliers de Rhodes était armée d'un paratonnerre.

En étudiant les effets de la foudre sur les navires, nous citons 3 bâtiments qui ont sauté parce que la foudre avait mis le feu aux poudres (1).

Le 5 juillet 1862, la foudre est tombée en gerbe de feu sur le paratonnerre d'un magasin à poudre, à Béthune, sans causer le moindre dégât et sans que le paratonnerre portât trace du passage de la foudre. L'eau du puits avait une hauteur de 76 centimètres et la commission académique a fait ressortir toute l'importance de cette hauteur (2).

Chute de la foudre sur des magasins à poudre sans explosion. — La foudre a plusieurs fois frappé des magasins à poudre sans y mettre le feu; dans quelques cas, elle n'en a pas moins causé des dégâts considérables.

En 1557, un violent orage éclata sur Zürich, frappa le Güsturm, et l'on vit s'élever une épaisse vapeur qui effraya les habitants; pourtant la masse de poudre ne prit pas feu (Scheuchzer).

Le 5 novembre 1755, la foudre tomba à trois quarts de lieue de Rouen, sur le magasin à poudre de Maromme, fendit une des poutres du toit, réduisit en petites parcelles

(1) Voyez Navires. *Explosion des magasins à poudre*, p. 343.
(2) *Comptes rendus*, t. LV, p. 131-268 (1862).

2 tonneaux remplis de poudre, sans y mettre le feu. Les magasins renfermaient 800 de ces tonnes.

La même chose arriva, le 11 juin 1775, dans l'île de Saint-Second, près Venise.

La foudre tomba en 1801 à bord du *Gibraltar*, y fracassa plusieurs boîtes de mitraille, sous lesquelles se trouvaient 400 barils de poudre.

Dans d'autres cas, la foudre a suivi le paratonnerre, c'est ce qui arriva à Glogau (Silésie). Le paratonnerre resta intact, mais une sentinelle placée près de là fut étourdie du coup et perdit connaissance pendant quelque temps (1).

A Saint-Philippe de Carthagène, la foudre fondit 5 à 6 pouces de la tige du paratonnerre, brisa en plusieurs endroits la chaîne conductrice, et descendit dans le puits où aboutissait le conducteur : le magasin resta intact (Beyer).

En juillet 1788, la foudre frappa le paratonnerre du magasin à poudre de l'île d'Amagria et n'y causa aucun dommage (Bugge).

A Maubeuge, la foudre suivit le paratonnerre, mais renversa un factionnaire qui resta sans connaissance pendant 2 heures (2).

A Bayonne, la foudre suivit aussi le conducteur, mais elle endommagea un angle du bâtiment.

Pendant la nuit de 11 au 12 juillet 1852 la foudre frappa, à Cherbourg, le paratonnerre du nouveau fort des Flamands encore en construction. La pointe en platine fut arrachée, et l'on a dit à M. Liais, que pendant le même orage le météore était tombé huit fois sur les paratonnerres de la poudrière du Nord, peu éloignée de plusieurs navires qui furent également atteints (3).

Effets sur les petites quantités de poudre. — Si des effets de la foudre sur d'énormes masses de poudre, nous passons à ceux du météore sur les petites quantités de cette matière inflammable, nous remarquons le même phéno-

(1) *Journal de Rozier*, XXII, p. 477.
(2) *Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, IV, p. 537 (1826).
(3) *Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, XXXV, p. 382.

mène que nous avons déjà signalé. Tantôt, en effet, le courant électrique enflamme la poudre. Ainsi, un rayon fulminant mit le feu à 2 poires à poudre à bord de *la Topaze* et à 28 cornes de poudre à amorce à bord du *Thunderer* : cette dernière explosion blessa 7 hommes et 1 mousse.

D'autres fois la poudre ne s'enflamme pas dans le voisinage ou peut-être sous le contact même du courant électrique comme nous allons en citer quelques exemples :

On voit dans l'arsenal de Dresde une poire à poudre dont l'étincelle a légèrement brûlé la chaîne sans que la poudre ait pris feu (Keyster, Guden).

Lorsque en juillet 1767 la foudre tomba sur deux maisons, situées rue Plumet, entre autres effets, elle pénétra dans une caisse pleine d'ustensiles de fer, les altéra pour la plupart et y laissa des marques de fusion, et cependant elle ne mit pas le feu à une demi-livre de poudre à canon qui était dans la même caisse, contenue dans une poire ouverte (Rigaud).

Le 29 décembre 1833, dans la nuit, la foudre atteignit la maison du gardien d'un phare près de Holy-Kead et y produisit d'énormes dégâts ; deux personnes y furent blessées, et, chose remarquable, le seul objet qui ne fut pas touché fut un coffre contenant quelques douzaines de gargousses à signaux, dont la combustion eût infailliblement détruit la maison et fait périr les habitants (1).

Güden rapporte que pendant l'été de 1753, le tonnerre tomba, à Hanovre, sur la maison d'un bijoutier. Le fluide électrique fondit les carreaux de vitre d'une fenêtre, passa sur une assiette dans laquelle il y avait 2 livres de poudre, et n'y mit pas le feu.

La foudre tomba sur la frégate anglaise *la Dédale*, à la Jamaïque, en 1809, renversa sans connaissance une partie de l'équipage, et mit le feu à la très-petite quantité de poudre qui se trouvait alors dans un magasin (2).

En résumé nous voyons :

1° Que l'étincelle foudroyante enflamme directement la poudre.

(1) *Nautic. Mag.*, t. III, p. 521.
(2) Arago, *Notice*, p. 487.

2° Qu'elle l'enflamme dans quelques cas par l'intermédiaire du bois ou d'autres corps combustibles auxquels elle met le feu;

3° Que souvent elle peut atteindre la poudre elle-même sans y mettre le feu; ce dernier résultat se rapproche de celui que donnent nos machines qui enflamment ou n'enflamment pas la poudre suivant qu'on la place dans telle ou telle condition.

Quelques auteurs ont prétendu que si la foudre n'enflamme pas la poudre, c'est que dans certains cas le rayon foudroyant est froid (kalter strahl), ou bien qu'un rayon d'eau (wasser strahl) suit le rayon chaud et éteint le feu qu'il occasionne! Ces idées n'ont aucune preuve qui les accrédite. D'après M. Sturgeon, il faut attribuer l'inflammation ou la non-inflammation de la poudre par le courant électrique à la différence dans la durée de ce courant. C'est ainsi qu'un fer chauffé au rouge ne détermine pas l'inflammation d'un corps combustible qu'il ne fait que toucher un instant, et l'enflamme au contraire, si le contact est suffisamment prolongé. Qu'on ralentisse donc la vitesse de la décharge et qu'on prolonge ainsi son action sur la poudre, elle prend feu. M. Sturgeon a vu en effet qu'en faisant passer la décharge à travers un corps médiocrement conducteur, comme la soie et le papier légèrement humectés l'inflammation avait toujours lieu, même avec de petites bouteilles de Leyde. Quand il employait un gros fil imbibé d'eau il n'y avait plus inflammation. Mais elle avait lieu s'il exprimait une partie de l'eau contenue dans le fil, et il s'assura que ce résultat ne tenait point à une modification de l'électricité qui traverse un corps peu conducteur.

Il faut aussi se rappeler que la poudre est un corps assez bon conducteur, et qu'il faut un certain temps pour qu'un contact brûlant l'enflamme. Le fulminate de mercure brûle si vite, que recouvert de poudre il en projette une grande quantité sans l'enflammer. M. du Moncel a fait quelques expériences sur ce sujet (1).

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1853.

CHAPITRE VI

EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES TÉLÉGRAPHES ÉLECTRIQUES ET SUR LES CHEMINS DE FER

SOMMAIRE. — Electricité non orageuse. Electricité orageuse. — De l'influence de l'électricité en mouvement sur l'électricité naturelle du conducteur. — Effets produits par la foudre sur les fils télégraphiques aériens et souterrains. — Effets produits aux stations, sur les appareils, sur les poteaux. — Accidents observés sur l'homme et sur les animaux. — Effets de la foudre sur les chemins de fer, rails, aiguilles, wagons, machines, voyageurs.

Electricité non orageuse. Son action sur les fils. — L'électricité atmosphérique peut agir sur les fils télégraphiques d'une façon très-manifeste même en dehors des temps d'orage. Si une longue ligne de fils télégraphiques parcourt des points où l'électricité atmosphérique n'est pas partout la même, on pourra en voir des effets directs sur les appareils. On sait qu'une simple différence dans l'élévation est accompagnée d'un changement dans l'état électrique. Un conducteur métallique élevé dans l'espace au moyen d'un cerf-volant, peut donner des étincelles positives en dehors du temps d'orage; on conçoit qu'une ligne télégraphique qui passera sur des sommets élevés sera parcourue continuellement par un courant qui ira des points les plus élevés aux points les plus bas.

Un courant peut encore se produire sur un long fil télégraphique quand à une des extrémités le temps est parfaitement pur, et qu'à l'autre la vapeur se précipite sous la forme de brouillard, ou bien quand une averse, un orage, une chute de neige se montrent à l'autre extrémité ou sur un point de la longueur. Ces courants ont pu se montrer assez puissants pour mettre en mouvement l'appareil indicateur.

Électricité orageuse. — L'électricité orageuse agit sur les fils de deux manières :

1° *Par induction,* sans aucun transport du fluide du nuage à l'appareil ;

2° *Directement*, c'est-à-dire que la foudre elle-même frappe le corps conducteur.

L'induction a lieu de deux façons : tantôt un nuage orageux, qui cependant ne lance pas d'éclairs, agit à distance sur le fil télégraphique ; tantôt le nuage orageux lance des éclairs ; l'électricité est alors dynamique, et chaque éclair agit sur le fil, à une distance souvent considérable. Examinons successivement chacun de ces cas :

I. *L'électricité naturelle du fil télégraphique est sujette à être troublée par l'induction électrique ordinaire d'un nuage à distance.* — Supposons, dit M. Henry, un nuage orageux chassé par le vent dans une direction telle qu'il coupe une des extrémités de la ligne du télégraphe à une hauteur d'un mille (1,609 mètres) par exemple ; pendant tout le temps que durera l'approche du nuage vers le point de sa route directement au-dessus du fil, la répulsion de l'excès d'électricité avec laquelle il est chargé repoussera constamment de plus en plus l'électricité naturelle du fil aux extrémités les plus distantes de la ligne et donnera ainsi naissance à un courant. Lorsque le nuage sera arrivé au point le plus voisin du fil, le courant cessera pour un moment, et comme la répulsion diminuera graduellement par l'éloignement du nuage, l'électricité naturelle du fil reviendra successivement à son état normal, en donnant naissance à un courant en direction opposée. Si le nuage était chassé par le vent parallèlement à la ligne du télégraphe, il se produirait un courant vers chacune des extrémités du fil, et ces courants varieraient constamment en intensité avec les différentes positions du nuage. Quoique les courants produits par ce moyen puissent être trop faibles pour mettre en mouvement l'appareil indicateur, ajoute M. Henry, cependant ils peuvent avoir une force suffisante pour influencer l'action du courant de la batterie, de manière à intervenir dans la manœuvre régulière de la machine.

Suivant M. Baumgartner, on peut regarder comme établi par l'expérience que lorsque les nuages orageux marchent, s'ils sont à une grande distance de la ligne télégraphique, l'aiguille de l'indicateur est déviée d'une manière constante;

le sens de la déviation varie avec la nature électrique du nuage et la direction que suit ce nuage, relativement au conducteur. Si le nuage s'approche de la station, la déviation de l'aiguille persiste; mais aussitôt que le nuage s'éloigne, la déviation a lieu en sens contraire. Ces effets proviennent très-probablement de l'induction opérée par le nuage orageux.

II. *De puissants courants électriques se produisent dans les fils du télégraphe par chaque coup de tonnerre qui a lieu à une distance d'un grand nombre de milles de la ligne, par l'action de l'induction dynamique;* ces courants, comme le remarque M. Henry, diffèrent de l'action qui vient d'être décrite en ce qu'ils sont le résultat de l'influence.

De l'électricité en mouvement sur l'électricité naturelle du conducteur. — L'effet de cette induction, qui est la source la plus abondante de perturbation, devient plus évident par l'exposé de quelques expériences qui sont dues à M. Henry, et qu'il a présentées à la Société philosophique américaine de Philadelphie en 1843.

Un fil de cuivre a été suspendu à des cordons de soie autour du plafond d'une chambre, dans un étage supérieur, de manière à former un parallélogramme d'environ 60 pieds sur 30 sur les côtés; dans la cave du même bâtiment, immédiatement au-dessous, on a placé un parallélogramme présentant les mêmes dimensions. Lorsqu'on faisait passer l'étincelle d'une machine électrique à travers le parallélogramme supérieur, un courant d'induction se manifestait dans le second, et ce courant était assez fort pour aimanter des aiguilles, quoiqu'il y eût deux planchers dans l'intervalle et que les conducteurs fussent séparés par une distance de 30 pieds. Dans cette expérience, aucune électricité ne passait à travers les planchers d'un conducteur à l'autre, l'effet était entièrement dû à l'action répulsive de l'électricité en mouvement dans le fil supérieur sur l'électricité naturelle du fil inférieur.

Dans une autre expérience, deux fils d'environ 400 pieds de longueur ont été tendus parallèlement l'un à l'autre, entre

deux bâtiments ; une étincelle électrique, qu'on a fait passer à travers l'un d'eux, a produit un courant dans l'autre, quoique les fils fussent séparés entre eux par une distance de 300 pieds, et enfin on a conclu de toutes les expériences que la distance pouvait être accrue indéfiniment, pourvu que les fils fussent allongés dans un rapport correspondant.

On démontre que le même effet est produit par l'action répulsive de la décharge électrique des cieux, à l'aide de la modification suivante dans la disposition précédente. On a enlevé l'un des fils, l'autre a été allongé à une des extrémités, de manière à passer dans le cabinet de M. Henry, de là à travers la fenêtre d'un cellier, enfin dans un puits adjacent. A chaque coup de tonnerre qui s'est fait entendre dans les cieux, sur une surface de 20 milles autour de Princeton, des aiguilles ont été magnétisées dans le cabinet par le courant d'induction développé dans le fil. Le même effet s'est produit en soudant un fil au toit métallique de la maison et en le faisant descendre dans le puits ; à chaque coup de tonnerre, il s'est produit une série de courants en directions alternatives dans le fil.

M. Henry a été aussi conduit, d'après ces résultats, à conclure que des courants d'induction doivent circuler dans la ligne de la voie de fer, et c'est ce qui a été vérifié : des étincelles ont été aperçues aux lacunes dans la continuité des rails en fer, à chaque éclat d'un nuage orageux à distance.

De semblables effets, mais à un degré plus fort, doivent se produire dans le fil du télégraphe à chaque décharge du ciel, et les phénomènes dont M. Henry a été témoin, le 19 juin 1846, dans le bureau du télégraphe de Philadelphie, étaient, assure-t-il, de ce genre. Au milieu du mouvement pour transmettre les nouvelles du congrès de Washington à Philadelphie, et de là à New-York, l'appareil commença à fonctionner irrégulièrement. L'opérateur, à chaque extrémité de la ligne, annonçait en même temps un orage à Washington et un autre à Jersey-City. La portion du circuit du télégraphe qui entrait dans le bâtiment, et était en communication avec l'un des pôles de la batterie galvanique, passait par hasard à une distance moindre d'un pouce du fil qui

servait à établir la communication de l'autre pôle avec la terre. A travers cet espace on voyait, à un intervalle de quelques minutes, passer une série d'étincelles qui se succédaient avec rapidité, et lorsqu'un des orages approcha suffisamment de Philadelphie pour qu'on pût apercevoir les éclairs, on observa que chaque série d'étincelles apparaissait simultanément avec chaque éclair du ciel. Maintenant, ajoute M. Henry, on ne peut pas supposer un seul moment que le fil ait été frappé réellement par la foudre au moment de l'apparition de l'éclair, et qui plus est, on a observé que les étincelles se produisaient lorsque le nuage orageux et les éclairs étaient encore à plusieurs milles à l'est de la ligne du fil. La conclusion inévitable est que la manifestation de tous ces phénomènes électriques était simplement un effet d'induction ou une simple perturbation dans l'électricité naturelle du fil à distance, sans aucun transport du fluide du nuage à l'appareil. La décharge entre les deux portions du fil continua pendant plus d'une heure; au bout de ce temps elle devint tellement énergique, que le directeur, alarmé pour la sécurité du bâtiment, crut devoir mettre le long fil en communication avec les tuyaux à gaz de la ville et transmettre ainsi le courant sans bruit à la terre. On avait lieu d'être surpris de la quantité et de l'intensité du courant. On sait que pour affecter un galvanomètre ordinaire avec de l'électricité ordinaire il faut la décharge d'une forte batterie; mais telle était la quantité du courant induit qui s'est manifesté dans cette occasion, que l'aiguille d'un galvanomètre vertical ordinaire à fil court, et en apparence d'une sensibilité médiocre, était mue de plusieurs degrés. La vivacité de l'étincelle était également très-considérable. Lorsqu'une légère solution de continuité était pratiquée dans le circuit et que les parties étaient mises en communication par le pouce et l'index, la décharge transmise à travers la main affectait le bras jusqu'à l'épaule. M. Henry dit avoir appris du directeur que, dans une autre occasion, une étincelle a passé au-dessus de la surface du fil enroulé autour des branches du fer à cheval de l'aimant, à angle droit avec ses tours, et telles étaient son intensité et sa quantité, que tous les fils qu'elle a

ainsi croisés ont été fondus dans des points placés sur une même ligne droite, comme s'ils eussent été coupés par un couteau très-affilé.

Mais fréquemment la foudre elle-même atteint directement les fils télégraphiques, ainsi que l'attestent la rupture, la fusion de ces fils, et surtout la lacération et le brisement des poteaux. Dans un cas de ce genre on entendit le long du fil une succession d'explosions vives ressemblant aux bruits rapides de détonations d'armes à feu déchargées les unes après les autres. Maintes fois enfin, *on a vu* le météore s'élancer sur ces fils, courir sur leur longueur comme un ruisseau de feu ou les frapper sous la forme d'un globe enflammé; en voici deux exemples :

Le 9 juillet 1855, vers onze heures du matin, une décharge électrique a eu lieu sur les fils télégraphiques du chemin de fer de Paris à Orléans, à 400 mètres environ de la station de Château-Gaillard, vers Artenay, à 7 kilomètres de la magnifique ferme de la Grange, incendiée au même instant par la foudre. Trois poteaux ont été brisés, et les supports en porcelaine ont volé en éclats sur la voie. Le fluide, parcourant les fils, est entré dans le bureau du chef de gare en faisant une explosion épouvantable. Son cours a été arrêté par le paratonnerre, dont il a noirci et quelque peu émoussé les dentelures de la touche de terre, sans pourtant les avoir endommagées. Les aiguilles des deux boussoles ont été mises hors de service. Le télégraphe, étant isolé au moment du foudroiement, on n'a eu à constater aucune suite fâcheuse.

Le cantonnier a ressenti dans sa maison, située à peu de distance, une violente commotion, et il a vu, dit-il, un globe de feu tomber sur les fils (1).

Dans une lettre adressée à M. le professeur Pouillet par M. de l'Espée, nous trouvons les renseignements suivants sur un coup de foudre qui eut lieu sur la ligne télégraphique de Rouen (2).

Le 17 mai 1852, vers 5 heures, le chef de la station de

(1) *Constitutionnel* du 14 juillet 1855.
(2) *Comptes rendus*, t. XXXV (1852).

Beuzeville reçut du Havre, qui est à 25 kilomètres, l'avis télégraphique que, le temps étant très-nuageux, il y avait lieu de mettre son appareil en communication avec le sol. Il le fit, quoiqu'il n'y eût pas alors d'orage à portée. Peu après, un vent violent s'éleva, des nuages épais s'amoncelèrent et comme il ne tombait pas une goutte de pluie, le chef de la station crut que l'orage passerait pour aller tomber plus loin et il continua le chargement d'un wagon de plâtre. A ce moment il était plus de 5 heures, 3 coups de tonnerre violents se succédèrent à peu d'intervalle; au troisième, la foudre tomba derrière une ferme, à 1 kilomètre environ de la station; des arbres masquèrent le point où la brillante et forte décharge atteignit le sol. Mais au même moment on vit sortir jaillissant de derrière les arbres, un *globe de feu* de la grosseur apparente d'un petit obus, d'une couleur rouge brun, décrivant une trajectoire allongée, laissant derrière lui une traînée de vive lumière, marchant avec une vitesse modérée que l'œil suivait très-facilement, suivant une courbe régulière et paraissant, d'après sa direction apparente, devoir dépasser la station sans s'y arrêter. Le mouvement de ce globe, la vive lumière qu'il laissait derrière lui le faisaient ressembler à un projectile à fusée tiré dans une école de nuit. On se le montrait avec admiration quand on le vit se poser, *comme un oiseau*, sur les fils électriques, à une centaine de mètres de la station. A ce moment il disparut et toutes lumières avec lui, avec la rapidité de la pensée. Il ne laissa aucune trace sur les fils ni au-dessous; mais, à la station, on observa plusieurs phénomènes intéressants que nous inscrirons bientôt. Aucune odeur sulfureuse ne se répandit. Après ce coup, la pluie d'orage tomba avec violence, et il n'y eut plus rien de remarquable. La femme du chef de station, fut très-effrayée, mais ne ressentit aucune secousse, ni effet physique quelconque et son mari resta persuadé que, sans la mise en communication de son appareil avec le sol, il y aurait eu de grands effets de foudre dans son établissement.

Les faits contenus dans la relation que M. de Lalande a communiquée à l'Académie des sciences sur le même événement diffèrent peu des précédents.

Plusieurs circonstances expliquent la fréquence des coups de foudre sur les fils télégraphiques ; ils sont portés sur des poteaux plus ou moins élevés, très-souvent isolés sur une vaste plaine, sur un point et loin de tout objet qui pourrait les dominer; en outre, par suite de leur grande longueur, ces fils se trouvent en rapport avec de nombreux points de la surface de la terre et sont dès lors plus exposés à recevoir la décharge électrique; enfin, par suite encore de la grande longueur de ce conducteur, comme le remarque M. Henry, l'action répulsive de l'électricité libre du nuage doit repousser plus vivement et plus aisément l'électricité naturelle du conducteur jusqu'à l'extrémité de la ligne, en rendant ainsi plus intense la condition négative de la portion la plus voisine du fil et par conséquent augmentant l'attraction du métal pour l'électricité libre du nuage.

La foudre qui frappe le fil télégraphique peut-elle s'élancer non du nuage orageux mais du rail lui-même ? M. Bréguet paraît disposé à l'admettre. « A raison dit-il, de la quantité énorme de métal dont un chemin de fer est formé et de l'étendue de sa surface, il se peut que le chemin, au moment d'un orage, soit le siége d'une tension électrique très-intense, et que le fluide aille se décharger sur les fils du télégraphe, car ils ne sont éloignés des rails, des tuyaux, des aiguilles que de 3 ou 4 mètres. M. Bréguet croit, en particulier, que l'explosion qui atteignit le télégraphe électrique au Vésinet partit du chemin de fer.

La foudre qui frappe le fil télégraphique, tantôt s'enfonce rapidement en terre en suivant un ou plusieurs poteaux; mais souvent elle suit en totalité ou en partie le fil conducteur, dans une longueur quelquefois considérable; elle peut alors atteindre les appareils ou même les employés loin de l'endroit où l'orage a éclaté, c'est ce qui nous paraît avoir eu lieu dans les cas suivants.

Le 17 août 1847 un orage éclata à Olmütz; et à dix milles de là (18 lieues environ) à Friebitz, un ouvrier employé à tendre les fils reçut un coup si violent qu'il chancela de quelques pas en arrière et sentit aux doigts qui avaient été en contact avec les fils une douleur brûlante, comme s'ils

avaient touché un corps très-chaud. En ce moment le ciel était tout à fait serein à Friebitz (Baumgartner).

Le 25 du même mois, un violent orage s'abatit sur Olmütz, et la foudre fracassa un poteau près de Brodek. Une partie de la décharge gagna la terre par l'intermédiaire du poteau mais une autre partie suivit le fil vers Prager-Bahn; de ce côté, le fil n'était pas encore en place, mais aboutissait dans un hangar à wagons, près d'une gouttière en fer-blanc; et ce fil présenta à son extrémité un globule de fusion. La matière fulminique s'était sans doute élancée de l'extrémité libre du fil sur la gouttière.

Le 19 juillet 1847, la foudre atteignit près de Bruck, le télégraphe électrique, et endommagea une vingtaine de poteaux, à 3 milles (6 lieues) de là, près de Marein, et un des paratonnerres, élevé le long des poteaux, eut sa pointe fondue! La matière fulminique avait sans doute parcouru cette longue étendue.

Au mois de juillet 1855, la foudre atteignit et pulvérisa un énorme poteau, à une lieue de Pontoise et suivit *sur un long parcours* les fils du télégraphe; elle se dissipa sans causer d'autres dommages.

En mai 1846, la foudre atteignit le fil télégraphique qui, soutenu par un mât, passait au-dessus de la rivière Hackensack (États-Unis). Le fluide suivit la direction du fil des deux côtés, sur une longueur de plusieurs milles, en renversant plusieurs poteaux de supports. (Jos Henry.)

Effets sur les fils télégraphiques aériens. — Lorsque la foudre s'abat sur les fils télégraphiques, ils restent quelquefois intacts, quoique les poteaux soient plus ou moins endommagés, ainsi : le 9 juillet 1847 le météore fracassa trois poteaux sans endommager le fil, entre Kindberg et Krieglach (Baumgartner); parfois alors les fils soutiennent les parties supérieures des poteaux brisés ou déchiquetés.

Mais souvent les fils sont rompus ou fondus sur une longueur d'ailleurs variable. Lors de l'accident du Vésinet, les fils conducteurs d'un diamètre de 2/10 à 5/10 de millimètre tombèrent en morceaux tellement chauds qu'ils laissèrent

des traces de brûlure sur des pièces de bois qui les reçurent. (Bréguet.)

Lorsqu'en 1852, la foudre endommagea le télégraphe électrique de Cologne à Minden, le fil de cuivre pour la correspondance courante fut fondu en dix places sur une étendue de 160 verges; et le fil de fer destiné à la correspondance locale plus épais que celui de cuivre fut fondu dans une longueur d'environ 100 verges. (Minckwitz.)

Janniart écrit que le 7 août, se trouvant à Sèvres, à la gare du chemin de fer rive droite, il a entendu les fils métalliques, du télégraphe électrique rendre un son continu.

Effets sur les fils souterrains. — M. Jacobi eut le premier l'idée de placer les fils télégraphiques sous terre, de les envelopper de tube de gutta-percha, et de les renfermer dans des tubes de plomb. C'est en Prusse qu'on fit les premières applications de ce système, puis en Saxe et en Autriche; mais aujourd'hui on a complètement abandonné ce mode de transmission à cause des nombreux inconvénients qu'il présente.

Ces fils souterrains ont été plus d'une fois influencés par les orages, et l'enveloppe métallique ajoutant ses effets à ceux du fil lui-même devait précisément aider à la conduction de l'électricité des orages vers les extrémités du fil (Gloesmer).

Effets produits aux stations et sur les appareils. — La matière fulminique qui pénètre dans les postes télégraphiques y produit souvent de vives détonations. Ainsi, lors de l'accident observé à Orléans, la foudre qui avait parcouru le fil télégraphique arriva dans le bureau du chef de gare en faisant une explosion épouvantable; son cours fut heureusement arrêté par le paratonnerre.

Lorsqu'en 1851, la foudre s'écoula sur le fil télégraphique entre Boston et Providence, on entendit dans les deux postes des décharges aussi fortes que celles de coups de pistolet.

Ce fut encore comme la détonation d'un fort coup de pistolet qui retentit dans le poste du Vésinet, en 1847. Une vive

lumière se montra au même moment le long des conducteurs fixés aux parois de la cabane.

D'autres fois le bruit qui annonce l'arrivée du courant fulminique est un *bruit* de cliquetis, de *crécelle*, dû à la rotation de l'aiguille.

Lorsque le météore pénétra dans une des stations entre Brunswick et Hanovre, l'employé entendit une sorte de bruit de crécelle qui l'effraya beaucoup.

Et dans le poste de Beuzeville les aiguilles tournèrent rapidement avec un bruit strident comme celui d'un tourne-broche se lâchant tout à coup ou comme une meule aiguisant rapidement un fer d'où jaillirait des étincelles. Il en sortait en effet, en grand nombre, des aiguilles de l'appareil.

Le cliquetis entendu par M. Maillot, a dû être produit par l'appareil récepteur, dont l'aiguille, à chaque éclair prononcé, avance d'un ou plusieurs points et pourrait même, dans la circonstance de Beuzeville, avoir produit un *mouvement de rotation* assez prolongé.

Parfois les altérations affectent surtout l'appareil des aiguilles; ainsi :

A Beuzeville, l'une des aiguilles de l'appareil, celle du côté de Rouen, resta *affolée;* toutes les vis de cette partie de l'appareil furent dévissées, et sur le cadran de cuivre, près du pivot de l'aiguille, on remarqua un trou à faire passer un grain de blé ; l'autre partie de l'appareil ne subit aucune altération. L'aiguille du Havre conserva sa marche régulière ; son cadran, les vis, etc., restèrent intacts.

Dans le bureau du chef de gare, son cours fut arrêté par le paratonnerre, dont il noircit et émoussa quelque peu les dentelures de la touche de terre, sans pourtant les endommager.

Les lésions si variées des appareils télégraphiques troublent nécessairement et de diverses manières leurs fonctions. Si, par exemple, l'électricité a violemment agi sur les fils de l'électro-aimant, les a rougis sans les briser ni les fondre, les cylindres de fer fortement aimantés gardent une quantité de magnétisme suffisante pour altérer l'usage des appareils ; mais si le fil est rompu, coupé ou fondu, l'appa-

reil est hors de service; heureusement qu'il est aujourd'hui facile de le remplacer rapidement; ainsi, dans l'appareil de M. Bréguet, il suffit de desserrer la bande de cuivre qui maintient les bobines sur l'aimant, pour enlever le tout et substituer un autre électro-aimant ou d'autres bobines.

La lésion la plus fréquente est celle du fil des électro-aimants; souvent, en effet, ils sont rompus, coupés, brûlés, fondus en globules et projetés de tous côtés avec bruit. Ainsi, au Vésinet, les fils des divers électro-aimants furent rompus.

Lors du coup de foudre qui atteignit en 1852 le télégraphe de Cologne à Minden, deux ou trois spirales du fil de cuivre de l'un des électro-aimants furent brisées.

En juin 1853, l'étincelle foudroyante ayant pénétré dans un des postes télégraphiques à Hambourg, on trouva les fils du multiplicateur en partie fondus en globules.

Dans les expériences faites en 1845, entre Paris et Rouen, il arriva que, pendant un orage, le fil de l'électro-aimant de l'appareil de Rouen fut fondu et le métal appliqué sur le fer de l'électro-aimant; on avait négligé d'interrompre les communications après la cessation des expériences.

Et dans un cas observé à Philadelphie, une étincelle ayant paru au-dessus de la surface du fil enroulé autour des branches du fer à cheval de l'aimant, à angle droit avec ses tours, tous les fils qu'elle croisa ainsi furent fondus dans des points placés sur une même ligne droite, comme s'ils eussent été coupés par un couteau bien affilé.

Le 27 mai 1859, à l'approche d'un nuage très-orageux, à Tonnerre, l'employé du télégraphe, privé de paratonnerre, reliait ses fils à la terre, quand une étincelle de forte dimension apparut au sein d'une des boussoles de sinus, éclaira vivement le poste, et fit entendre un bruit violent. Toutes les spires de la bobine de la boussole avaient été brûlées au même point, au milieu de l'instrument; le verre du couvercle avait volé en éclats; sa partie supérieure avait été projetée perpendiculairement au plafond, avec une telle violence qu'elle y marqua son empreinte; par suite de la rupture du fil de la boussole, le fluide électrique ne trouvant plus qu'un

conducteur très-imparfait, se précipita sur le mur voisin, rencontra probablement le fil de terre, rompit un seul des fils de la bobine du récepteur en rapport avec ce fil de terre, et disparut. Il ne paraît pas que la foudre soit tombée sur la ligne et qu'elle ait suivi les fils pour pénétrer dans le poste; on aurait eu affaire à un simple choc en retour; les fils étaient fortement chargés d'électricité par la présence du nuage orageux, le fluide a suivi le conducteur dès que le nuage s'est déchargé sur un autre point (1).

Effets sur les poteaux. — Les poteaux ou piliers qui supportent les fils sont souvent rompus, renversés, fendus, éclatés ou déchiquetés, et parfois sont divisés en filaments ou en copeaux qui ordinairement restent adhérents par leur extrémité inférieure et divergent en haut comme s'ils avaient été détachés de haut en bas à l'aide du ciseau et du marteau. Ce dommage atteint tantôt le sommet des poteaux et parfois toute leur longueur, en sorte qu'ils sont mis hors d'usage et doivent être immédiatement remplacés. Mais il est une lésion qui mérite une mention spéciale, il s'agit de *sillons en hélice* tracés sur toute la longueur ou sur une partie seulement de la longueur des poteaux; ils paraissent ordinairement avoir été faits par un instrument tranchant, rarement ils sont colorés en brun-noir comme s'ils étaient légèrement carbonisés. L'hélice fait parfois jusqu'à trois tours. Voici deux exemples de cette lésion :

Vers l'année 1849, la foudre tomba sur le fil télégraphique entre Brunswick et Hanovre : les poteaux, de 6 pieds de longueur, étaient coiffés d'une calotte en porcelaine destinée à retenir et à isoler le fil. Trois d'entre eux, les n°s 0,80, 0,792 et 0,794, furent endommagés de telle sorte que de longs éclats leur furent enlevés sur une ligne en hélice qui allait de gauche à droite et faisait trois tours. Le sillon commençait à 1 pied au-dessous de la porcelaine et se terminait à 1 ou 2 pieds au-dessus du sol.

Les poteaux, 0,796 et 0,798 ne présentaient aucune trace du météore (Goldschmidt).

(1) *Cosmos*, t. XV, p. 226 (1859).

En 1852, la foudre atteignit le fil télégraphique entre Cologne et Minden. 9 poteaux furent endommagés et durent être remplacés. Ils étaient fendus en hélice depuis leur sommet jusque près du sol. La largeur des sillons variait et allait jusqu'à 3 pouces; sur leur longueur le bois était sain et frais, un seul excepté où le bois était d'un brun noir. Ici encore les poteaux endommagés ne se suivaient pas sans interruption (Minckwitz). Une lésion semblable avait été remarquée un peu auparavant sur le trajet de Bonn à Cologne.

Le nombre des poteaux endommagés est parfois considérables. Ils étaient au nombre de 8 sur la ligne de Philadelphie à New-York en 1846; de 9, sur la ligne de Cologne à Minden en 1852;

Dans la nuit du 18 au 19 juin 1847, entre Brunn et Raigern, 11 poteaux furent endommagés; 2 étaient entièrement fracassés (Baumgartner).

Le 19 juillet 1847, dans le voisinage de Kindberg, 15 poteaux furent brisés; 12 purent encore servir, les 3 autres durent être remplacés (idem).

Enfin le 1er juillet 1851, la foudre atteignit le télégraphe entre Boston et Providence et circula dans les deux directions sur une longueur de plus d'un kilomètre; presque tous les poteaux, au nombre de 28, furent renversés ou brisés (Rice).

Le plus ordinairement les piliers endommagés ne se suivent pas et sont séparés par des piliers demeurés intacts.

Ce phénomène a été constaté en 1847 entre Brunn et Raigern; en 1849, entre Brunswick et Hanovre.

Lors de l'accident du 9 juillet 1847, entre Kindberg et Krieglach, des 3 piliers fracassés, l'un se trouvait placé avant le pont de Wartberger et les deux autres de l'autre côté; les piliers placés sur le pont même n'éprouvèrent aucun dommage (Baumgartner).

Plusieurs poteaux contigus peuvent être endommagés mais les plus gravement atteints sont parfois séparés par d'autres qui le sont à un moindre degré, ainsi :

Le 19 juillet 1847, près de Bruck, la foudre détruisit entièrement les poteaux 174, 175 et 176, et n'endommagea que

légèrement les poteaux 172, 173, 177 et 178 (Baumgartner).

Mais une circonstance fort remarquable à noter, c'est que parfois les piliers endommagés alternent *régulièrement* avec ceux qui sont restés intacts, ainsi :

Sur la ligne de Philadelphie à New-York, 8 poteaux furent endommagés et renversés; mais les poteaux impairs avaient échappé à la décharge (Henry).

Un phénomène semblable s'était déjà présenté, quoique d'une manière un peu moins marquée en mai 1846. La foudre frappa la portion élevée du fil qui est portée par un mât au lieu où le télégraphe traverse la rivière de Hackensack (États-Unis). Le fluide suivit la direction du fil des deux côtés, depuis le point qui reçut la décharge, sur une longueur de plusieurs milles, en renversant et endommageant un grand nombre de poteaux.

D'où vient que, parmi les poteaux, les uns sont épargnés et les autres endommagés par la décharge électrique; c'est ce que nous ignorons faute d'observations assez nombreuses et assez détaillées. La nature, le degré d'humidité de la portion du sol où chaque poteau est implanté doivent jouer sans doute ici un certain rôle; et par exemple, les poteaux qui se trouvaient sur le pont de Wartberger et qui furent épargnés n'étaient pas plus isolés que ceux qui avant et après le pont étaient enfoncés dans un terrain probablement plus humide.

M. Henry est assez disposé à voir dans ce phénomène un effet de la manière dont se comporte le courant électrique lui-même.

Accidents observés sur les hommes & sur les animaux. — Le courant électrique qui parcourt les fils de la ligne peut occasionner quelques accidents chez l'homme, ainsi :

Lors des expériences de télégraphie faites à Paris en 1845, la charge électrique du fil conducteur devint tellement puissante qu'un jeune homme en le touchant reçut une violente commotion; toutefois la transmission du message ne fut pas troublée par cette circonstance fortuite.

Des ouvriers en arrangeant pendant un temps orageux les fils télégraphiques sur la ligne au nord de Vienne, ressentirent de violentes crampes; et sur la ligne du sud, un sous-inspecteur avait souvent éprouvé des secousses plus ou moins violentes au moment où, à l'approche de l'orage, il prenait la précaution d'interrompre le circuit (Baumgartner).

La foudre elle-même qui suit les fils de ligne, les fond, les brise en maints endroits, renverse et fracasse les poteaux, pourrait certainement s'élancer sur l'homme qui se trouverait malheureusement près de là. Aussi en temps d'orage, est-il prudent de se tenir à certaine distance de ces fils conducteurs.

Un fait qui trouve naturellement sa place ici et mérite d'être rapporté, c'est qu'on a vu souvent en temps d'orage, un grand nombre de petits oiseaux suspendus par les ongles aux fils de ligne. Ils avaient sans doute été instantanément tués par une décharge directe, ou par un courant induit d'un nuage plus ou moins distant, au moment où ils se reposaient sur ces fils.

Quand aux accidents qui atteignent les personnes dans le poste télégraphique même, ils ont été assez fréquents. Ce sont des secousses, des coups violents, c'est une paralysie partielle et momentanée; ce sont aussi de légères blessures; mais nous ne connaissons aucun individu tué en pareille circonstance.

L'employé du Vésinet reçut une forte secousse dans tout le corps.

En 1854, le buraliste de la station de Rueil qui au moment de la décharge tournait le dos à l'appareil, reçut dans cette région comme un très-violent coup de poing.

La foudre qui, en 1852, endommagea si gravement le fil télégraphique entre Cologne et Minden pénétra dans une des stations, brisa la fenêtre et quelques boiseries et renversa sur le sol le surveillant, sans lui faire d'autre mal. Une circonstance explique en grande partie cet accident; c'est que le fil télégraphique se trouvait accidentellement en communication avec le fil de fer des lattis du plafond et des parois (Minckwitz).

Le 13 juin 1854, un violent orage s'abattit sur Auch et la foudre tomba sur plusieurs points de la ville et des environs. Le fluide électrique ayant pénétré dans le bureau du télégraphe renversa l'employé et le planton de service, mais sans leur faire aucun mal; une dépêche que ce dernier tenait à la main fut brûlée en partie.

Nous avons dit que vers l'année 1849, la foudre endommagea l'appareil télégraphique entre Brunswick et Hanovre, et dans une des stations, les fenêtres furent brisées et l'employé tomba sans connaissance; quand il revint à lui, il éprouvait une vive douleur dans les jambes qui étaient devenues très-enflées ; l'un de ses bras était paralysé. A la station suivante, à 0, 850 de mille de la précédente, le surveillant fut renversé de son siége et ne put parler pendant une demi-heure (Goldschmidt).

Enfin, lors de l'accident arrivé à la station de Dijon, en juin 1852, et qui affecta surtout les commutateurs-paratonnerres, plusieurs étincelles traversèrent en zigzag la chambre du poste télégraphique; l'une d'elles, franchissant un intervalle de plus de 60 centimètres, s'élança sur le sourcil droit de l'employé de service, le fit reculer de quelques pas sans lui faire cependant aucun mal.

Une circonstance à rappeler, c'est que de tels accidents, et qui pourraient être beaucoup plus graves encore si l'on ne prenait certaines précautions dont nous parlerons, ont parfois lieu à des distances considérables de l'endroit même où l'orage éclate et peuvent surprendre les employés du télégraphe au moment où ils s'y attendent le moins.

Effets de la foudre sur les chemins de fer. — Rails, aiguilles, wagons, machines, voyageurs.— Le fluide électrique parcourt souvent les *rails* pendant les orages et s'y manifeste sous diverses apparences lumineuses; c'est une flamme qui passe rapidement et à plusieurs reprises ; ce sont, à chaque jointure, des étincelles accompagnées de pétillements, de craquements. Quelquefois même le remorqueur et les wagons paraissent tout en feu, et l'on ne s'en approche qu'en s'exposant à recevoir de fortes se-

cousses ou un choc violent. Voici quelques faits à l'appui de ces assertions :

Pendant un orage, au mois de juillet 1854, les cantonniers du chemin de fer sous les petits tunnels au bas de Talant, près de Dijon, virent passer, six fois de suite, la flamme électrique sur les rails sans qu'eux-mêmes, quoique placés très-près de la voie, éprouvassent aucune commotion.

M. Henry cite plusieurs cas où des étincelles furent aperçues aux lacunes dans la continuité des rails.

M. Jobart rapporte que, le 21 juin 1841, vers 6 heures et demie du soir, un garde du chemin de fer, à la station de Malines, aperçut une lumière brillante à chaque jointure de rails. Cette lumière faisait entendre un bruit très-distinct comme une espèce de pétillement, de craquement. Elle n'avait lieu que sur la ligne de Gand à Liége. Un remorqueur et quelques wagons qui se trouvèrent sur cette voie, parurent un instant tout en feu. De brillantes gerbes de lumière jaillissaient de tous les angles. S'étant approchés de ces wagons, le garde du chemin et un de ses camarades furent très-étonnés d'éprouver une forte secousse avec un choc violent qui faillit renverser l'un d'eux. Le phénomène lumineux dura environ 5 minutes.

Les phénomènes dont nous venons de parler sont dus le plus ordinairement à l'induction ; mais parfois c'est la foudre elle-même qui tombe sur un rail ; tantôt alors elle disparaît instantanément dans le sol, mais d'autres fois elle suit le rail sur une longueur plus ou moins grande, et peut occasionner de graves accidents, même assez loin de l'endroit où elle est tombée.

Le déplorable effet suivant a eu lieu, au mois de juin 1846, sur la ligne du chemin de fer de Marseille à Avignon, à peu de distance d'Arles. La pluie tombait avec assez d'abondance, mais il ne tonnait pas quoique l'air fût chargé d'électricité. Les ouvriers employés aux travaux du chemin de fer, s'étaient, au nombre de 24, abrités dans une maison de garde, aux environs de laquelle aboutissait pour le moment la ligne de fer venant de la Durance. Tout à coup, sans qu'on eût entrevu le moindre éclair, une explosion eut lieu.

Le fluide électrique, tombé sur le rail, l'avait suivi jusqu'à la maison du garde. A l'extrémité du rail inachevé, il avait dispersé un monceau de coussinets placés au bord; puis, ne trouvant sans doute pas un sol assez humide pour y pénétrer, il était entré dans la maison. Là un jeune homme de 22 ans fut frappé de mort. Tous les autres ouvriers furent plus ou moins violemment sècoués. Sur 24, 8 reçurent des blessures et des contusions, et un tout jeune homme resta durant une heure plongé dans une complète léthargie.

Les aiguilleurs sont surtout alors exposés à recevoir de violentes secousses; et par exemple :

Lors de l'accident du Vésinet, en 1847, un employé, que son service appelait au moment de l'explosion à tenir la manivelle qui sert à faire mouvoir une aiguille, reçut dans tout le corps une commotion violente. Les ouvriers dont il était entouré éprouvèrent aussi de vives secousses.

La foudre tombe parfois sur les *wagons*, mais ce cas est sans doute très-rare, car nous n'avons pu en recueillir jusqu'à présent qu'un seul exemple :

Dans la nuit du 25 octobre 1854, sur la route de Lyon à Saint-Étienne, dans le voisinage de Saint-Chamond, la foudre cassa l'un des fils du télégraphe électrique et *brisa la roue de l'une des voitures*. Ce qu'il y eut de singulier dans cette circonstance, c'est que les voyageurs entendirent simplement un violent coup de tonnerre et ne se doutèrent pas de cette avarie. Le convoi continuait à marcher, lorsqu'on s'aperçut que l'un des wagons avait un mouvement d'oscillation causé par la perte d'un de ses appuis; il fallut s'arrêter, séparer et placer en dehors de la voie le wagon devenu boiteux. Cette opération se fit difficilement et lentement, car pour surcroît d'embarras le fil rompu du télégraphe électrique était justement celui qui établit la communication entre Lyon et Saint-Étienne, et il n'était pas possible de demander à l'une ou à l'autre de ces villes les secours dont on avait besoin.

Ce n'est qu'après une longue attente que le convoi put continuer sa route jusqu'à Lyon.

Nous ne savons pas si dans le cas suivant la locomotive elle-même a été touchée par le météore.

Le 10 juillet 1847, à 10 heures et demie du matin, la foudre frappa un ouvrier occupé à graisser une locomotive sur le chemin de fer d'Alais ; renversé sur une roue de cette machine, c'est sans doute à sa chute qu'il faut attribuer la blessure qu'il avait au front ; mais il eut les cheveux, les poils des favoris et du scrotum brûlés par la foudre, ainsi que l'ont confirmé les docteurs Serres et Roch (d'Hombres Firmas).

Quant aux *voyageurs* qui auraient été blessés ou tués dans des wagons, nous n'en connaissons encore aucun exemple, et cela ne nous étonne pas, car généralement aujourd'hui les wagons circulent tout près des fils télégraphiques qui les dominent, reçoivent la décharge et font l'office de paratonnerre, et en admettant que la foudre s'abatte directement sur un wagon, au lieu de pénétrer dans l'intérieur, elle se jettera avidement sur toutes les pièces de fer extérieures à la caisse, sur les essieux, les roues, sur les énormes barres de fer qui, en avant et en arrière, soutiennent les tampons, et enfin sur les rails et leurs coussinets qui la conduiront à la terre. On peut donc se considérer presque en sûreté dans un wagon ; il importe seulement de lever les glaces et de ne pas s'appuyer contre les parois de la caisse.

CHAPITRE VII

INCENDIES REMARQUABLES

SOMMAIRE. — Observations d'incendies remarquables. — Extinction des feux et des lumières.

Observations d'incendies remarquables. — Les incendies qui résultent du contact de la foudre sont généralement remarquables par leur rapidité et par leur violence.

Le 12 novembre 1769, la foudre mit le feu au couvent des Ursulines de Mende ; malgré les secours les plus prompts, l'incendie fit des progrès si rapides qu'en moins d'un quart d'heure, le bâtiment et tout le mobilier furent réduits en cendres (abbé Richard).

Le 16 juillet 1589, à minuit, la foudre atteignit le clocher de l'église de Nicolaï, à Hambourg. L'incendie commença au sommet du clocher sous la boule, cette place était en réparation et se trouvait dépourvue de métal. Le feu apparut comme une étoile brillante, gagna bientôt le clocher qui tomba sur le toit (Vaget).

Le 9 octobre 1700, la cathédrale de Troyes fut incendiée par la foudre; le feu apparut au sommet comme une petite lumière vive, au bas de la croix. Le feu gagna sourdement la charpente de la flèche. Toute la charpente de l'église fut consumée en trois quarts d'heure (Tillet et Desmarest).

Le 26 avril 1760, à 2 heures après minuit, par un froid piquant, on vit, à la suite d'un coup de tonnerre, une lumière vive et blanchâtre un peu au-dessous de la croix du clocher de l'abbaye de Royaumont. Cette lumière était le commencement d'un incendie qui s'étendit insensiblement pendant 3 heures jusqu'au beffroi. Dès qu'il y fut parvenu, l'embrasement devint tout à coup plus considérable ; il se communiqua d'une manière très-rapide aux quatre combles qui aboutissaient au bas du clocher, et la charpente, tant celle des combles, qui était de bois châtaignier, que celle de la base du clocher, fut consumée en moins d'une heure. Le

vent soufflait violemment. Le plomb fondu et la matière des cloches, dont on ne trouva plus que quelques fragments, produisirent dans plusieurs endroits des murs et de la voûte des calcinations de la profondeur d'un pouce environ. La croix de la flèche, dont chaque branche avait 3 pieds et demi, ne fut point altérée par la foudre; la lame de plomb qui en enveloppait la base ne fut pas fondue; cependant il y a tout lieu de croire que l'incendie commença par l'extrémité de la poutre qui portait la croix. — Les trois quarts environ de la charpente de l'église furent détruits. — Cette abbaye avait éprouvé, dans le xve siècle, un désastre semblable à celui que nous venons de décrire (1).

L'abbaye de Notre-Dame de Ham est située à l'une des extrémités de la ville. Le clocher était couvert d'ardoises et de plomb; la même espèce de couverture régnait sur toute l'église et les autres bâtiments adjacents. A l'extrémité de la croisée de l'église, du côté du sud, s'élevait un petit clocher en forme de dôme, ouvert de tous côtés et couvert de plomb; il renfermait une horloge et son carillon. Or, le 26 avril 1760, entre 4 et 5 heures du matin, la foudre tomba trois fois en 20 minutes sur cette église; elle partit d'une nuée très-basse et paraissant immobile. — Cependant le feu ne se manifesta qu'immédiatement après le troisième coup, vers 4 heures trois quarts. Il apparut dans le petit clocher de l'horloge; on y monta sur le champ et, en moins d'un quart d'heure, on y éteignit le feu; il n'en paraissait alors aucun vestige dans la charpente ni au grand clocher. Mais, à 5 heures précises, on vit sortir la flamme tant par les ouïes de la flèche qu'immédiatement au-dessous de la croix, c'est-à-dire à près de 100 pieds l'un de l'autre; un vent furieux de nord-nord-ouest s'éleva dans l'instant, la nuée de l'orage fondit en eau; les coups de tonnerre redoublèrent et devinrent effroyables pendant 2 heures entières: la flèche fut bientôt consumée malgré les secours qu'on s'efforça d'y apporter. A 6 heures, le petit dôme de l'horloge, où le feu avait d'abord paru et où il avait été éteint, s'enflamma de nouveau et fut

(1) Tillet et Desmarets. *Acad. des sc.* (1760).

détruit en moins d'un quart d'heure. L'incendie ne tarda pas à se communiquer à la charpente du chœur et de la nef par la base enflammée de la flèche; l'embrasement devint alors général : il ne resta plus que quelques chevrons à demi-brûlés. Les cloches furent fondues en grande partie; mais il paraît qu'elles ne le furent que par suite de l'embrasement de la charpente, et nullement par un effet immédiat de la foudre (1).

Le 19 février 1860, pendant un ouragan terrible, la foudre atteignit et incendia 18 clochers en Belgique; le désastre se propagea sur une étendue de 160 kilomètres. L'église de Nazareth fut entièrement consumée. La foudre frappa d'abord la tour de Moorslède, entre Ypres et Courtrai, puis successivement les tours de Courtrai, de Berchem, Nazareth, Vordeghem, Fuers, Aertselaer, Lierre, Malines; là, l'orage s'est bifurqué, une des branches prit la direction du sud-est, foudroya les églises de Wesemael, Aershot, Rillaer, Hoegarde et Liége. Grâce à son paratonnerre, sans doute, l'église de Liége ne prit point feu. L'orage cessa à Liége vers 9 heures, et continua son chemin sur l'Allemagne.

La seconde branche gagna Bruxelles, frappa les tours de Saint-Renelle, de Marchiennes-au-Pont, de Lobbes, de Walcourt, et plusieurs autres localités. Les habitants de Roleghem, près Courtrai, ont vu un brillant globe de feu, gros comme la lune, qui a persisté pendant plusieurs minutes, et qui a éclaté en faisant explosion avec un bruit comparable à celui des plus violents coups de tonnerre. Pour quelques-uns, ce météore est un bolide, pour d'autres, et c'est plus probable, c'était la foudre en globe (2).

Un violent orage éclata sur Angers, le 4 août 1831; la foudre tomba sur le clocher de Saint-Maurice, et à l'instant la charpente fut embrasée. La foudre tombée, les flammes passèrent de suite à travers les fenêtres du clocher; la charpente qui était ancienne et desséchée par les chaleurs précédentes fut d'autant plus disposée à s'enflammer (3).

(1) Communiqué à Tillet et Desmarets par de Champiron.
(2) *Cosmos*, t. XVI, p. 281 (1860).
(3) Desvaux. *Statist. natur. de Maine-et-Loire*, p. 192.

Le 3 mars 1835, vers 5 heures trois quarts du soir, au milieu d'un violent orage, accompagné de neige et d'un vent furieux, la foudre frappa la coupole de la tour de Crailsheim. Le feu y apparut d'en bas de la grosseur d'un thaler, et pouvait avoir réellement un demi pied de diamètre, il se propagea avec une excessive rapidité; une pluie de feu, des poutres enflammées tombèrent sur les maisons voisines qui furent cependant épargnées, grâce sans doute à la couche de neige qui couvrait leurs toits. On s'efforça inutilement d'éteindre l'incendie à l'aide des seaux et des pompes; il fut si violent que les deux cloches pesant l'une 300 et l'autre 500 livres furent fondues, et qu'on ne put en retrouver qu'une petite partie. L'édifice était dépourvu de paratonnerre (Kapp).

Le 29 novembre 1854, vers 6 heures du soir, le tonnerre tomba sur l'antique et belle tour de l'église de Walcourt, province de Namur. L'incendie se déclara en cinq endroits différents. Le vent était d'une violence extrême, et les pompes ne pouvaient fonctionner dans cette circonstance. Comment, en effet, lancer l'eau à une hauteur de 200 pieds. Le vent heureusement cessa tout-à-coup et les braves habitants qui s'étaient élancés au sommet de la tour purent couper et éteindre le feu à son foyer. A 7 heures et demie, toute trace de feu avait heureusement disparu (1).

Si nous reportons notre attention sur l'incendie qui dévora les clochers et les églises dont il vient d'être fait mention, nous voyons qu'il commença presque toujours au sommet même du clocher, et probablement par l'extrémité de la poutre qui portait la croix. L'apparence sous laquelle il se manifesta d'abord sur ce point, fut singulière et presque constamment la même. C'était un feu de la grosseur d'un écu, une étoile brillante, la lumière vive d'un flambeau. La marche de l'incendie présenta deux périodes bien distinctes quant à sa rapidité et à sa violence. D'abord le feu gagna le clocher graduellement, lentement, pendant plusieurs heures; mais une fois arrivé à la charpente qui couvre la voûte de

(1) Voir *Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. IV, p. 540 et p. 547 (1826).

l'église, il se développa avec une effrayante rapidité : toute la charpente du corps de la cathédrale de Troyes fut consumée en trois quarts d'heure à dater du moment où l'incendie l'atteignit ; même phénomène fut observé à Ham, à Royaumont.

La violence extraordinaire des incendies que nous venons de signaler reconnaît plusieurs causes : l'ancienneté des charpentes et leur sécheresse parfois augmentée par la chaleur de la saison, la force, la fureur du vent ; notons aussi cette circonstance que la foudre, dans certains cas, atteint deux ou trois fois en quelques minutes un même bâtiment, ou qu'en se divisant elle met le feu sur plusieurs points à la fois. Ainsi, l'église de Notre-Dame de Ham reçut en quelques minutes trois coups de foudre, et l'incendie s'y déclara en deux endroits à près de 100 pieds l'un de l'autre. L'incendie de l'église de Walcourt commença en cinq endroits différents. Il est à remarquer que la plupart de ces incendies ont eu lieu pendant les saisons plus ou moins froides et rarement en été ; Ainsi, nous notons :

En mars, les incendies de l'église de Crailsheim ; du clocher de Jacobi, à Rostock ;

En avril, les incendies de Notre-Dame de Ham ; du clocher de l'abbaye de Royaumont, de l'église de Hohen-Gébrachin :

En octobre, l'incendie de la cathédrale de Troyes ;

En novembre, les incendies de l'église de Walcourt : du couvent des Ursulines, à Mende ;

En juillet, l'incendie de l'église de Nicolaï à Hambourg.

En août, l'incendie du clocher de Saint-Maurice, à Angers.

En sorte que, sur ces 10 incendies, 8 ont eu lieu au printemps et en automne ; et 2 seulement en été. Et cependant, dans les zones tempérées de notre continent, les coups de foudre sont beaucoup plus fréquents en été que dans les autres saisons. Il semblerait donc que les incendies occasionnés par le météore sont plus redoutables dans les saisons froides que dans les saisons chaudes. La foudre serait-elle réellement plus dangereuse en elle-même ? serait-elle plus condensée, plus comburante lorsque la température de l'atmosphère est plus ou moins basse ; ou bien plutôt, le

feu, une fois communiqué par la foudre, serait-il simplement beaucoup plus activé par un courant d'air froid que par un courant d'air tiède et chaud? Inutile d'ajouter que la difficulté ou même l'impossibilité de lancer ou de porter l'eau sur des points aussi élevés que les clochers, les coupoles ou le dôme des églises aggrave singulièrement le danger de l'incendie; il est donc de toute nécessité de les munir de paratonnerre.

Dans quelques circonstances, on a vu le feu couver plus ou moins longtemps avant de se montrer au dehors. Ce n'est que 3 heures après le coup de foudre que se montra le feu qui dévora le grenier à foin d'Alais. On comprend d'ailleurs qu'une matière aussi difficile à flamber que du foin serré ait pu brûler lentement pendant un certain temps.

Diemerbroeck (1) dit que la foudre mit le feu dans une tour à des planches recouvertes de plomb; ce métal resta intact.

Nous n'essaierons même pas de démontrer l'erreur généralement répandue dans une certaine partie du peuple, qui consiste à regarder les incendies allumés par la foudre comme plus difficiles à éteindre que les autres.

Extinction des feux, des lumières. — Un des effets les plus ordinaires de la foudre est d'éteindre les lumières.

Nous pourrions citer plusieurs cas où une lumière qui brûlait au milieu d'une chambre fut éteinte et fort difficile ensuite à rallumer.

Lorsque le navire *la Colombine* fut frappé, en 1837, sur la côte d'Afrique, toutes les lumières furent éteintes dans les habitacles.

Les huit flambeaux de l'autel et la lampe qui brûlait devant l'autel furent subitement éteints dans l'église de Sagan, en 1749.

En 1800, presque toutes les lumières d'une salle de bal à Harbourg furent instantanément éteintes. Une vapeur épaisse et fétide remplissait la salle.

Enfin lorsque la foudre, sous la forme d'un boulet de ca-

(1) *In Gallia Picta.*

non, pénétra, en 1769, dans la salle de spectacle de Feltri, toutes les lumières furent éteintes en un instant. Au retour de la lumière, on vit avec effroi les horribles ravages causés par le météore.

Plusieurs fois aussi le feu qui flambait dans le foyer d'une cheminée a été subitement éteint.

Il en a été de même du feu des *poëles ordinaires*. Par exemple :

En 1767, un batelier de Presbourg avait allumé dans son poële de faïence du bois de hêtre, lorsque subitement le poële éclata et livra passage à une foudre en serpenteau ; le feu fut à l'instant même éteint (Richard).

Ce même phénomène a été constaté pour des feux de fours à *tuiles* et à *faïence*; en voici deux exemples très-remarquables :

Le premier a été communiqué à Daubenton par M. de la Tour-d'Aigues (1). Aubert, faïencier à la Tour-d'Aigues, était occupé à cuire une fournée de *faïence*, lorsqu'il vit avec étonnement le feu s'éteindre dans l'instant même et passer d'un feu cerise à l'obscurité totale. Le feu était allumé depuis plus de 20 heures et la vitrification de l'émail des pièces était déjà avancée. Il fit tous ses efforts pour rallumer le feu et achever sa cuite, mais inutilement. Il fut obligé de l'abandonner. La foudre était entrée par la gueule de loup, faite pour laisser échapper la fumée, et placée perpendiculairement sur le four avec une ouverture de plus de 10 pieds carrés. Deux jours après, lorsqu'on explora l'intérieur du four, on n'y trouva rien de cassé ni même de dérangé, seulement l'émail appliqué sur toutes les pièces était entièrement enfumé et tacheté partout de points blancs et jaunes, sans doute dus aux parties métalliques qui n'avaient point eu le temps d'entrer en fusion.

Le 25 octobre 1848, la foudre tomba sur une tuilerie du bourg de Betz, appartenant à M. Gobert. Le feu était chargé de 23 milliers de tuiles dont on achevait la cuisson à grand feu. Depuis 3 heures, le tonnerre grondait au loin,

(1) Buffon, *Œuvres. Traité de l'aimant et de ses usages*, Article I.

mais il n'arriva qu'à 5 heures et demie au-dessus de l'établissement. Alors éclata un coup plus violent que les précédents, précédé d'un long éclair bleu verdâtre qui remplit de sa lumière toute la fosse d'arrivée aux bouches du fourneau.

La masse de feu apportée par cet éclair pouvait offrir un diamètre d'au moins 3 pieds. Arrivée dans les deux bouches, elle se divisa en deux portions qui, attirées par le courant d'air qui se dirigeait vers le brasier, se précipitèrent vers chaque bouche par un intervalle de 15 centimètres qui existait entre le bas de leurs portes en tôle et le sol. Le fluide fulminique, au moment de son passage, produisit un bruit de souffle violent : tout entra dans le fourneau. M. Gobert entendit un bruit plus ou moins fort, et au bout de 15 secondes, toute la masse de la foudre sortit également par le dessous des portes pour remonter vers le ciel ; mais son volume était plus considérable et le bruit plus intense qu'à son entrée. On vit en même temps une flamme bleuâtre s'élever de l'ouverture supérieure du fourneau.

Au bout de 5 minutes, une masse foudroyante encore plus considérable que la précédente survint en même temps qu'un éclair, pénétra dans le fourneau, puis en sortit comme la première fois, mais en faisant entendre un bruit beaucoup plus fort. M. Gobert, qui n'était qu'à un mètre du courant fulminique, ne ressentit aucun choc et ne perçut aucune odeur sulfureuse. Avant la chute de la foudre, les tuiles avaient atteint la température rouge intense, après sa sortie, elles n'offraient plus que la couleur sombre, et il fallut plus d'une demi-heure pour ranimer le feu.

En déchargeant son four, M. Gobert reconnut que le fluide électrique avait brisé 500 à 600 tuiles, et que c'était surtout au fond du four, le long d'un mur près duquel la partie ascendante de la foudre avait directement regagné les nuages. Plusieurs briques avaient été arrachées des parois du four (de la Pylaie).

La difficulté extrême que l'on éprouve parfois à rallumer les lumières éteintes par la foudre démontre que cette extinction n'est pas due à la simple agitation ou à la seule raréfaction de l'air. La vapeur épaisse et sulfureuse qui remplit

ordinairement les chambres où le phénomène a eu lieu l'explique en partie. Quant à l'extinction des fours à tuiles, à faïence, si ardents et entretenus par une masse si énorme de combustible, il est impossible de l'attribuer à la raréfaction de l'air, raréfaction qui ne dure qu'un instant. Nous savons, il est vrai, que la vapeur du soufre éteint les feux de cheminées, mais nous ne pouvons guère admettre que des vapeurs épaisses et sulfureuses puissent éteindre subitement et totalement des feux à cuire la faïence.

TROISIÈME PARTIE

EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES VÉGÉTAUX ET SUR LE SOL

CHAPITRE Ier

EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES VÉGÉTAUX

SOMMAIRE. — *Arbres*. De la fréquence du foudroiement des arbres. — Des lésions considérées dans leurs rapports avec la direction de la foudre. — Des lésions légères. Excoriations. Ecorce criblée. Décortication. Sillons. — Des lésions graves. Arbres fendus. Arbres roulés. Arbres forés. Arbres coupés transversalement. Arbres tordus. — Effets de combustion. — Odeur des fragments. — Dégâts énormes produits par la foudre sur les arbres. — *Feuilles*. Lésions diverses. — Des effets bienfaisants de la foudre sur les végétaux. — Effets de transport. — *Racines*. Effets sur la vitalité des arbres. — *Herbes*. — *Cercles des fées*.

De la fréquence du foudroiement des arbres. — Les arbres sont très-fréquemment frappés par la foudre; dans certaines relations d'orages, on a signalé plusieurs arbres frappés presque simultanément.

Le 25 juillet 1803, un orage éclata sur la commune d'Ogenne, et tomba en quatre endroits différents aux environs de l'église : trois chênes et un pommier avaient été foudroyés. — Le 19 juillet 1811, sur le territoire de Luc, qui est voisin du précédent, en très-peu de temps la foudre frappa une maison, deux chênes et un châtaignier (Palasson).

Si l'on considère que les arbres plongent dans le sol profondément et par des ramifications extrêmement nombreuses, imprégnées d'humidité, on comprend que les arbres soient des conducteurs plus ou moins parfaits de l'électricité. Les extrémités des branches plus ou moins pointues, plus ou moins humides, servent à l'écoulement de l'électricité de nom contraire à celle du nuage qui réagit sur le sol, et par conséquent un arbre agit à la façon d'un paratonnerre, pour rétablir l'électricité à l'état neutre, mais à un degré relativement très-faible.

Les arbres ne sont pas tous également foudroyés; les anciens regardaient certains arbres comme jouissant d'une immunité complète.

Festus rapporte que des prêtres nommés *Strufertarii* purifiaient les arbres foudroyés; avant cette cérémonie l'arbre frappé par la foudre était regardé comme funeste. Il en était d'ailleurs de même pour tous les endroits foudroyés : les Romains y élevaient des autels *Deo fulminatori*, et les aruspices y immolaient une brebis appelée *bidens*, c'est-à-dire à qui les dents avaient poussé en haut et en bas.

Pline et Sénèque disent que la foudre ne frappe jamais le laurier (1), Plutarque répète la même chose dans ses *Symposiaques* (liv. IV, quest. 2).

Tibère croyait se préserver des effets de la foudre en se couronnant de laurier (Suétone); Columelle recommande d'en placer quelques rameaux sous la couvée des poules afin de la préserver des effets de la foudre, et d'en clouer à la porte des maisons pour empêcher que la foudre ne fasse tourner le vin.

Mais Gardino *(Dissertation)* a vu plusieurs lauriers assez grands que la foudre avait frappés, et dont les débris avaient été lancés au loin. Sachs, Veromercatus en signalent d'autres exemples; Sennert en a cité un (2).

Le figuier, le mûrier, le pêcher passent aussi pour être toujours épargnés par la foudre. Il n'en est rien : Toaldo a vu en 1783, près de Padoue, un figuier frappé de mort par la foudre et desséché rapidement. — Un mûrier de 80 ans fut en partie détruit, le 13 août 1783, par un coup de foudre (Ed. Biot).

Le hêtre semble un des arbres les plus rarement frappés. M. Hugh-Maxwell et plusieurs personnes de sa connaissance n'avaient jamais vu la foudre atteindre le hêtre, le bouleau et l'érable (3).

Dans l'état de Tennessee, l'opinion que le hêtre à larges feuilles (*fagus sylvatica* L.) n'est jamais frappé par la foudre

(1) *Hist. nat.*, lib. II, ch. 55.
(2) *Epit. Phys.*, lib. IV, ch. 2.
(3) *Mem. of the Americ. Acad.*, v. II (P. 1), p. 143.

est si bien établie, que les plantations de cet arbre servent de lieu de refuge dans les temps d'orage.

M. Hornemann, au congrès des naturalistes de Berlin, en 1830, a cherché à établir que si dans une forêt de hêtres il existe un chêne, c'est le chêne seul qui est frappé; et si dans une forêt de chênes il existe un hêtre, celui-ci ne l'est jamais.

Enfin d'anciens forestiers de l'Alsace, des Vosges, de la Lorraine ont assuré à M. Daubrée n'avoir jamais vu un seul hêtre foudroyé (1).

Mais des faits nombreux aujourd'hui démontrent que le hêtre est quelquefois foudroyé. Probst Pratje en a rassemblé quelques cas (2). Le professeur Redfield dit que les marques de la foudre se trouvent tout à fait à la base des hêtres (3). M. Sterk a vu, en Suisse, aux bains de Gais, un hêtre qui venait d'être foudroyé, et dont les racines avaient été mises à découvert par la foudre : le tronc, les branches, les feuilles ne portaient aucune trace du météore.

Palasson signale un hêtre foudroyé; deux jeunes gens qui avaient cherché un abri sous son feuillage furent frappés de mort (4).

D'autres hêtres frappés par la foudre sont signalés (5) : nous en citerons plus loin un autre exemple.

Suivant quelques auteurs le tonnerre ne tombe jamais sur les arbres résineux, tels que les pins, les sapins. Hugh Maxwel, Probst Pratje (6), le professeur Horsford (7) ont réuni un assez grand nombre d'observations contraires. Les sapins semblent plus souvent frappés que les pins; Ausfeld rapporte même qu'un sapin fut foudroyé entre plusieurs pins qui l'entouraient. Mais les pins, quoique généralement plus élevés et

(1) *Soc. d'hist. nat. de Strasbourg*, 6 juin 1848; — et *l'Institut*, t. XVI, p. 329.

(2) *Hanov. mag.*, p. 192 (1782).

(3) *Proceed. of the Americ. Assoc.*, p. 41 (1850).

(4) *Nouv. mém. pour l'hist. nat. des Pyrénées*, v. 4, p. 163 (1823).

(5) *Ann. of Philos.*, 1re série, t. X, p. 389 (1817); — *Ann. de la soc. d'agric. et de botan de Gand*, t. V, p. 356 (1849).

(6) *Loc. cit.*

(7) *Proceed. of the Americ. Assoc.*, p. 41 (1850); — Fodéré, *Dict. des sc. méd.*, t. LV, p. 284; — *la Patrie* du 30 sept. 1850.

plus aigus que les chênes, sont infiniment moins souvent frappés que ces derniers (1).

Le buis, la vigne vierge ont passé jadis pour des préservatifs de la foudre (Columelle).

On a attribué la même vertu à la joubarbe qui pousse sur les toits, d'où les noms allemands *Donnerblatt, Donnerbart,* (feuille de tonnerre, barbe de tonnerre) donnés à cette plante.

Les observateurs n'ont pas toujours noté si c'était la foudre linéaire ou la foudre en globe qui avait frappé les arbres; nous avons déjà signalé quelques effets de la foudre en globe sur les arbres (2); dans les observations que nous aurons à rapporter il est bon de se souvenir que la forme de la foudre n'a pas toujours été indiquée.

Sur 146 arbres foudroyés et dont l'espèce est désignée, nous trouvons :

49 chênes	2 châtaigniers.
20 peupliers.	2 pommiers.
10 noyers.	1 sorbier.
14 ormes.	1 tilleul.
9 sapins.	1 mûrier.
5 pins.	1 aulne.
5 frênes.	1 faux ébénier.
4 hêtres.	1 robinia pseudo-acacia.
7 saules.	1 figuier.
4 poiriers.	1 olivier.
4 cerisiers.	0 bouleau, érable.
3 catalpas.	

Le chêne est l'arbre le plus souvent atteint par la foudre, c'est une croyance commune de tous les peuples; il a été jadis consacré au dieu du tonnerre. Théophraste parle d'une espèce de chêne (αλιφλοιον), qui était si souvent frappée, qu'on ne l'employait pas dans les sacrifices.

Nous ferons remarquer que la hauteur des arbres n'est pas la cause essentielle de leur foudroiement plus ou moins fréquent, et le tableau qui précède ferait vraiment croire que

(1) Voir : Dibden. *Philos. Trans.*, vol. LIV, p. 253 (1764).
(2) *Foudre en globe, — arbres.*

l'essence même de l'arbre a une influence réelle. Car pourquoi les oliviers, les mûriers, les bouleaux, les érables, si nombreux dans certaines contrées, sont-ils à peine frappés?

La hauteur des arbres joue un rôle : il est certain que si plusieurs arbres sont rapprochés au milieu d'une plaine, la foudre frappera de préférence les plus élevés. Nous en possédons de nombreux exemples.

L'isolement des arbres, l'élévation du terrain, la situation par rapport à l'orage, la nature du sol, la forme du feuillage et celle des racines ont une influence marquée sur les effets de la foudre et sur sa tendance à frapper les arbres. Il résulte de quelques-unes de nos observations que la foudre atteint de préférence les arbres les plus chargés de feuilles, comme les catalpas, les chênes (1), et les préfère à ceux qui viennent d'être dépourvus de leurs branches; elle atteint aussi plus spécialement les arbres vivants que les arbres déjà morts (2).

La foudre semble aussi préférer les arbres dont les racines sont à la fois profondes et étalées.

Les arbres sont inégalement conducteurs de l'électricité ; ils la conduisent d'autant mieux qu'ils sont plus humides et par conséquent plus jeunes. M. Daubrée a fait quelques expériences sur la conductibilité des différentes espèces d'arbres (3). Bertholon (4) a reconnu que les plantes qui conduisent le mieux l'électricité sont les plantes grasses, ce qui vient à l'appui de l'emploi que les Indiens font des *cactus* et des *cereus* pour protéger leurs demeures. N'oublions point non plus que les pointes que portent ces remarquables végétaux facilitent l'écoulement de l'électricité du sol, et contribuent aussi à diminuer les chances de fulguration.

Sur 129 arbres foudroyés, nous trouvons qu'il y en a eu :

0	en Janvier.	42	en Juillet.
0	Février.	22	Août.
4	Mars.	10	Septembre.
2	Avril.	2	Octobre.
13	Mai.	1	Novembre.
32	Juin.	0	Décembre.

(1) *Comptes rendus*, t. XLIII, p. 1066 (1856).
(2) *Lichtenb. mag.*, t. IV, p. 120 (1786).
(3) *L'Institut*, t. XVI, p. 329.
(4) *Journ. de phys.*

On a vu plusieurs arbres foudroyés dans le même orage, et si près les uns des autres qu'on peut supposer que c'était l'effet d'un seul coup (1).

Dans quelques cas les arbres disposés en séries ont été frappés alternativement. Toaldo a vu tous les arbres impairs d'une rangée ainsi foudroyés.

La foudre a pu atteindre deux fois le même arbre à quelques années d'intervalle et suivre exactement le même chemin chaque fois (2).

Tantôt un arbre est foudroyé de la cime au bas du tronc, tantôt le tronc seul semble avoir été frappé, ou même seulement les racines (3).

Les arbres semblent plus souvent frappés immédiatement au-dessous de la naissance des branches (4).

Des lésions considérées dans leurs rapports avec la direction de la foudre. — Le plus ordinairement les lésions observées sur les arbres foudroyés attestent que l'étincelle les a frappés de haut en bas. Dans quelques cas le sillon est horizontal ou perpendiculaire à la direction de la branche.

Dans le cas suivant, la foudre, d'abord descendante, se serait-elle ensuite réfléchie pour se porter de bas en haut?

Au mois d'août 1769, un peuplier-tremble fut foudroyé sur l'avenue qui conduit de Versailles à Saint-Cloud. Le tronc avait 40 pieds de haut; il était presque aussi gros qu'un muid à la base, et incliné à l'horizon du côté est. On trouva au pied de cet arbre et également du côté est, deux enfoncements faits récemment au sol, ils étaient hémisphériques et de 4 pouces environ de rayon. Les branches étaient intactes. Mais l'écorce du tronc avait été enlevée depuis le sol jusqu'à l'origine des branches, c'est-à-dire dans la longueur de 40 pieds, sur une bande qui formait un quart de tour, et

(1) Eph. Hoyt, *The Amer. Journ. of sc.*, vol. V, p. 125 (1822).
(2) Clos, *Études sur la météor. du pays toulousain*, p. 162.
(3) F. Cohn, *Fechner's Central Blatt*, n° 6, p. 99 (1854); — Ausfeld, *Voigt's mag.*, t. VIII, p. 497 (1804).
(4) *Proceed. of the Americ. Assoc.*, p. 41 (1850).

la partie ligneuse avait été creusée d'une gouttière évasée et peu profonde. Vers le milieu du tronc on remarquait un grand éclat de bois de 6 pieds de longueur sur 4 pouces de largeur et 2 d'épaisseur, qui tenait supérieurement à l'arbre, et s'en séparait inférieurement pour former avec le tronc incliné un angle de 20 degrés. La décortication était d'ailleurs plus considérable à la partie inférieure qu'à la partie supérieure de l'arbre.

Ce mode d'action de la foudre est assez fréquent : on voit souvent les lambeaux d'écorce ou de bois détachés de bas en haut et n'adhérant plus au tronc que supérieurement (Colin, déjà cité).

Un saule ayant été fendu par la foudre, M. Mourgue, de la Société royale de Montpellier, trouva incrustés dans cette fente des débris de la racine de l'arbre (1).

On a fréquemment observé des soulèvements du sol autour des arbres foudroyés.

Enfin des feuilles ont été roussies en dessous et seulement en dessous.

La foudre, après avoir suivi un fil télégraphique, près de Grenoble, se jeta sur des noyers placés dans son voisinage et en sillonna 18. Le sillon commençait à la hauteur des fils ou un peu plus bas; sur un seul arbre, il commençait un peu plus haut que les fils. Le fil avait été rompu par la décharge : il y avait 7 noyers frappés avant la rupture et 11 après (2).

Lésions produites par la foudre sur les arbres. — Lésions légères. — *Excoriations.* — La foudre se contente quelquefois d'enlever les mousses, les lichens sur un côté de l'arbre, ou elle effleure l'écorce dans sa couche la plus superficielle, en n'y laissant que de très-faibles traces de son passage (3).

On a vu la foudre laisser sur l'écorce de deux grands chênes des traces semblables à celles qu'aurait produites du petit plomb de chasse.

(1) *Journ. de Phys.*, t. XIII, suppl., p. 458 (1778).
(2) Séguin, *Comptes rendus*, t. LIII, p. 346 (1861).
(3) Withering, *Phil. trans.*, p. 293 (1790).

Écorce criblée. — Ant. Guazzi dit que le 15 août 1791, près de Casal Maggiore, trois hommes furent foudroyés sous un orme. L'un d'eux avait le coude appuyé sur l'arbre au moment du foudroiement, et, entre autres lésions, il présenta au bras une infinité de petits trous. A l'endroit où portait le coude, l'arbre présentait une anfractuosité d'une palme environ de longueur et de largeur, au centre de laquelle un trou pénétrait jusqu'à la partie ligneuse. L'écorce tout autour semblait avoir été percée par des mites. De ce point partaient plusieurs petites lacérations qui montaient presque perpendiculairement vers le sommet du tronc; on ne put découvrir aucune lésion aux branches.

A un mille et demi de Breslau la foudre atteignit un peuplier argenté de 70 pieds de hauteur et de 10 pieds de circonférence à la base. Elle le frappa à la moitié de sa hauteur, au niveau de la seconde division dichotomique du tronc, respectant toute la moitié supérieure. Au commencement de son trajet, et dans une petite étendue, elle détacha un lambeau d'écorce qui resta suspendu et ployé en haut et en dehors. Le corps ligneux correspondant était fendu comme par la hache, et présentait à son milieu une fente plus profonde, dans laquelle de forts éclats se dirigeaient aussi en haut et en dehors. L'écorce, à partir de ce point, avait été enlevée jusqu'au bas de l'arbre, mais plus large supérieurement, de manière à se terminer en pointe à la base. Le corps ligneux mis à nu n'offrait aucune trace de carbonisation; quelques fragments noirâtres lui adhéraient encore; d'ailleurs on reconnut qu'il était fendu en plusieurs endroits (1).

Décortication. — C'est une des lésions les plus fréquentes de la foudre sur les arbres.

Le 16 juillet 1708, deux chênes furent foudroyés à Brampton. Le plus gros avait 10 pieds environ à sa base. Ils furent tous deux fendus et privés de leur écorce sur toute leur circonférence, depuis le sommet jusqu'au sol, dans la longueur de 28 pieds. L'écorce, complétement détachée du

(1) Voir Cohn, *Effets de la foudre sur les arbres*, Fechner's *central Blatt*, n° 6, p. 99 (1854).

corps de l'arbre, pendait sous la forme de lanières de plusieurs pieds de longueur, adhérentes par en haut (Morton).

Le 27 mai 1842, à Lamperlosch, près de Bechelbronn, un poirier sauvage fut foudroyé un peu avant la pluie. On vit la foudre tomber sur cet arbre. Lors de l'explosion, il s'éleva une épaisse colonne de vapeur que M. Boussingault, témoin de l'accident, compare à la fumée qui sort de la cheminée quand on charge un foyer avec de la houille. Des éclats furent lancés dans toutes les directions, les grandes branches s'affaissèrent, et après la dissipation de la vapeur, le tronc du poirier se montra debout et d'une blancheur surprenante : la foudre l'avait complétement dépouillé de son écorce (1).

L'arbre était fendu en deux parties inégales, qui présentaient elles-mêmes de nombreuses fissures, sans trace de carbonisation. M. Boussingault attribue la décortication au dégagement subit et abondant de la vapeur entre l'aubier et l'écorce.

La décortication est quelquefois partielle et bornée à un seul côté, ou limitée à des bandes plus ou moins régulières, soit sur le tronc, soit sur les branches.

Sillons. — La foudre trace des sillons sur les arbres, en nombre plus ou moins grand, qui se prolongent quelquefois jusqu'aux racines.

Sir John Clark a vu, dans le Cumberland, un immense chêne de 60 pieds de hauteur au moins, et de 4 pieds de diamètre, sur lequel la foudre avait enlevé, suivant une ligne droite, un fragment d'environ 3 pouces de largeur et 2 pouces d'épaisseur, qui s'étendait sur toute la longueur du chêne.

M. Héricart de Thury en a signalé quelques exemples sur des peupliers (2).

Voici des exemples de sillons multiples :

Le chevalier de Louville observa dans le parc du château de Nevers un arbre frappé au sommet du tronc par la foudre qui, s'étant divisée en trois rayons, avait tracé trois sillons,

(1) *Comptes rendus*, t. XIV, p. 835.
(2) *Ann. de la soc. d'agric. et de botan. de Gand*, t. V, (1849).

comme si du haut de l'arbre on avait tiré trois coups de fusil à balle vers ses racines. Les trois sillons avaient suivi les irrégularités de direction du tronc, glissant toujours entre le bois et l'écorce. Le bois n'était pas brûlé.

Wallis a vu un frêne qui portait quatre sillons larges d'un pouce et qui étaient plus profonds que l'écorce.

Les sillons peuvent affecter une direction en zigzag (Héricart de Thury), pénétrer jusqu'au cœur du bois même sur un parcours considérable (1).

La foudre en globe a pu enlever une lanière d'écorce à l'arbre (2).

Les sillons affectent souvent une direction *en spirale*. Nous en avons réuni 16 exemples : 4 chênes, 3 peupliers, 2 ormes, 2 pins, 1 sapin, 1 aulne, 1 saule, 1 châtaignier et 1 arbre à essence non déterminée.

La spirale parcourt quelquefois toute la longueur de l'arbre.

A Zürich, en 1710, la foudre enleva l'écorce d'un arbre depuis les branches les plus élevées jusqu'aux racines, dans une largeur de 6 à 8 pouces, suivant une ligne spirale, sans aucune trace de combustion (3).

Reimarus a signalé une lésion analogue sur un peuplier près de Hambourg (4).

Le sillon peut n'atteindre que les 2/3, les 3/4 du tronc. Dans quelques cas, l'étincelle a été déviée par quelque accident de l'arbre et a sauté sur les personnes ou sur les arbres du voisinage.

A Breslau, en juin 1721, la foudre quitta un peuplier dont le tronc était tordu et incurvé pour se jeter sur le sol (5).

Un autre exemple est rapporté par Héricart de Thury (6).

G. Fiedler observa, en mai 1844, dans le parc de la villa Borghèse à Rome, deux grands pins frappés par la foudre dans le mois de mars précédent. Ces deux arbres étaient assez

(1) Voir *Acad. des sc.* (1765), et Richard, *Histoire de l'air*, t. VIII, p. 327.
(2) *Foudre en globe. — Arbres*, I.
(3) Scheuchzer, *Météorol.*
(4) Reimar, *V. Bl.*, p. 14 (1778).
(5) *Bresl. Samml.*, juin 1627. — Reimarus, *V. Bl.*, p. 98.
(6) *Mém. cité*, p. 349.

voisins l'un de l'autre pour se toucher par l'extrémité de leurs branches. Ils furent atteints du même coup : l'étincelle frappa la couronne de l'un d'eux, enleva l'écorce jusqu'à l'aubier sur la partie supérieure du tronc, sur une bande en spirale de 5 centimètres de largeur, puis sauta sur l'autre pin qu'elle entoura comme un serpent, enlevant l'écorce exactement sur la même largeur que le premier pin. Le sol ne présentait aucun soulèvement, mais on put suivre la trace de la foudre le long des principales racines. Nous reviendrons sur ces sillons.

Le sillon en spirale fait souvent plusieurs tours : on l'a vu faire quatre tours (1).

Le chêne signalé par John Clark portait trois tours de spirale.

En mai 1850, Grebel a vu au-dessous de Zeitz, sur la rive gauche de l'Elster, un aulne de 58 pieds de hauteur frappé par la foudre, qui portait, sur les 2/3 inférieurs de son tronc, deux sillons en spirale. L'écorce et l'aubier avaient été enlevés sur une profondeur d'un demi-pouce et sur une largeur d'un pouce un quart. Il n'y avait aucune trace de combustion.

La profondeur du sillon a été vue d'un décimètre, sa largeur, très-variable, a atteint plusieurs décimètres (2).

Nous avons signalé des exemples de sillons plus profonds sur la partie médiane que sur les bords, et même atteignant le bois. Sir Robert James Petre a rapporté un cas semblable : deux chênes furent foudroyés en juin 1742 dans le parc de Thorndon. L'un d'eux fut sillonné en spirale sur une longueur de 40 pieds jusqu'à un pied du sol; la bande avait 5 pouces de largeur environ ; tout à fait au bas, elle n'avait plus que 2 pouces ; le bois avait été entamé et même détaché sur une partie du trajet. Les branches n'avaient subi aucune atteinte. Le reste de l'écorce semblait avoir été criblé par du petit plomb.

Un sapin argenté présenta des lésions analogues à Héricart de Thury (3).

(1) *Comptes rendus*, t. XXXI, p. 8.
(2) *Bresl. Samml.*, p. 1189 (1718). — Reimar., *V. Bl.*, p. 14 (1778).
(3) *Mém. cité*, p. 352.

En 1817, au mois de juillet, dans les environs d'Édimbourg, un orme fut atteint par la foudre à 15 pieds environ du collet, descendit en spirale autour du tronc, puis laboura le sol. Sur tout ce trajet, l'écorce était blanche, brillante comme si on l'eût frottée avec un planissoir de charpentier, sans carbonisation, sans brûlure, tandis que des orties et des broussailles placées au pied de l'orme semblaient détruites par le feu (1).

Dans la forêt de Kottwitz, près d'Ohlau, la foudre frappa un chêne de la cime jusqu'au sol, et lui enleva une bande d'écorce large comme la main et qui faisait deux tours et demi (Cohn).

Le même observateur a remarqué sur un châtaignier gigantesque une ligne spirale produite par la foudre.

Nous ignorons la cause véritable de la direction en spirale de la foudre, aussi nous abstiendrons-nous de toute explication dont nous reconnaîtrions nous-mêmes l'insuffisance.

Lésions graves. — *Arbres fendus.* Les arbres sont exposés à être fendus par la foudre; en général, la fente ne comprend qu'une portion de la hauteur de l'arbre.

Le 6 août 1804, un sapin blanc fut foudroyé près de l'ancien couvent de Reinhardsbrunn : le tiers supérieur de l'arbre parut intact, mais dans ses deux tiers inférieurs, jusqu'à 3 ou 4 pieds de la racine, le tronc, d'une épaisseur considérable, était fendu dans le milieu de telle manière qu'en une certaine place on pouvait voir le jour à travers. Les trois ou quatre derniers pieds de ce tronc n'offraient aucune lésion apparente (Ausfeld).

Des arbres peuvent être fendus de haut en bas, et la lésion se prolonger même sur les racines. Cet effet a été observé sur un noyer (Scheuchzer), sur des ormes en Cornouailles (Dyer et Miller), sur un peuplier (de la Pylaie), sur un poirier (Boussingault).

Vignola, M. Liais l'ont constaté sur des arbres dont ils n'ont pas indiqué l'essence; un cas fut communiqué en 1834 à l'Académie de Rouen. C'est le plus souvent sur des chênes qu'on a observé ce genre de lésions.

(1) *Ann. of philosophy*, 1re série, t. X, p. 389 (1817)

En 1827, près de Vicence, un poirier de 3 pieds de diamètre fut fendu en quatre parties dans toute sa longueur (Fusinieri).

En septembre 1814, la foudre atteignit un *Robinia pseudo-acacia* de 18 mètres de hauteur, isolé et planté dans un jeune taillis de Saint-Martin-le-Pauvre. Elle éclata dans ses branches : l'arbre fut écharpé en mille éclats lancés au loin, la terre en était couverte à plus de 50 pas (1).

Un violent orage éclata dans la nuit du 1er au 2 novembre 1861, près du Havre, et tomba sur une ferme de Saint-Romain-de-Colbosc. Un des deux hauts sapins qui ornent la barrière principale a été littéralement, de la base au sommet, fendu en quatre parties mathématiquement égales ; la cime a été abattue et des éclats lancés à une grande distance (2).

Au mois d'août 1853, sur la route de Ville-d'Avray à Versailles, à 300 pas environ de la porte de Versailles, un peuplier de 20 ans environ fut fendu en deux, du sommet à la base ; une des moitiés resta en place, l'autre tomba sur la route. Une ligne noire d'un millimètre de largeur occupait le centre de l'arbre (Hérincq).

Un chêne, près d'Épinal, fut brisé en 20 éclats (Parisot).

En 1845, un peuplier, à Ville-d'Avray, fut brisé en fragments dont les plus petits avaient la ténuité des allumettes, et que l'on retrouvait jusqu'à 25 pas du pied de l'arbre.

Le 13 août 1783, un mûrier de 36 pieds de hauteur fut foudroyé de préférence à des figuiers et à des pêchers voisins. Les branches et une partie du tronc furent déchirées et les débris éparpillés ; quelques fragments furent réduits en une sorte de charpie. La lésion s'étendit jusqu'aux racines qui furent déchirées. Cependant les fragments avaient conservé leur humidité ; on ne trouva de traces de feu que sur quelques feuilles qui étaient légèrement recroquevillées et roussies (Spallanzani) (3).

Le 28 juin 1778, entre 7 et 8 heures du matin, près de

(1) Héricart de Thury, *Mém. cité*, p. 353 ; — *autre cas*, p. 347.
(2) *Cosmos*, t. XIX, p. 535 (1861).
(3) *Opere scelte*, t. VI, p. 347 (1783).

Marsillargues, à 4 lieues est de Montpellier, Mourgue, de la Société royale de Montpellier, et son fils âgé de 7 ans, furent assaillis par un orage. Vers 7 heures et demie, quatre coups de tonnerre terribles se firent entendre, et à chaque coup le feu de l'éclair les environnait. Le dernier éclair qui précéda le coup le plus terrible partit de terre en forme d'une barre de feu verticale, avec des zigzags et des ondulations, et si près de l'observateur, qu'il crut que cet éclair était sorti de terre entre son fils et lui, Trois autres coups, non moins épouvantables, succédèrent à celui-ci.

A 30 toises de la place où j'avais été avec mon fils, dit Mourgue, je trouvai le plus grand ormeau de mon avenue endommagé par la foudre en plusieurs endroits, de son pied à la cime. Tout m'indiqua que ce coup avait porté de bas en haut. Des lanières entières d'écorce, d'aubier et de bois restaient suspendues par le haut de l'arbre ; les déchirures paraissaient avoir été commencées superficiellement dans l'écorce par en bas et s'enfoncer plus profondément, comme les coupures d'un instrument tranchant qu'on tire de bas en haut, mais non si nettement. Vers la base de l'arbre, je trouvai deux ou trois écorchures de forme irrégulière, d'où le gazon et quelques débris des racines superficielles avaient été soulevés de bas en haut, comme par l'effet d'une mine. Le gazon, adhérent encore au terrain par de petites racines, était renversé comme les feuillets d'un livre ouvert, le côté enlevé étant le côté près de l'arbre. La matière fulminique avait froissé la partie inférieure de l'écorce, peu profondément mais dans la direction la plus marquée de bas en haut. Ce ne fut qu'à environ 2 pieds de terre que l'aubier et le bois furent entamés. Une lanière d'environ 3 pieds de longueur, 3 à 4 pouces de largeur, sur une épaisseur inégale, fut jetée à une toise de l'arbre. La matière ignée parut avoir quitté subitement ce côté de l'arbre, et s'être retournée à environ 2 pieds plus haut, du côté de l'ouest, où elle causa encore plus de dommage, dans le même sens de bas en haut, et d'une façon encore plus marquée. Elle parcourut l'arbre, haut d'environ 6 toises, d'une manière fort irrégulière, et il paraît qu'il se fit une forte explosion à environ 4 pieds plus bas que la cime

de l'arbre, car je le trouvai fracassé en tout sens dans cet endroit, tandis que les 4 pieds supérieurs, qui forment la tige de l'arbre, ne furent pas touchés.

Les feuilles endommagées sur toute la hauteur de l'arbre, et notamment au lieu de l'explosion, présentèrent un aspect singulier. On les voyait repliées dans leur face supérieure qui était concave, tandis que la face inférieure était convexe, rousse, crispée, comme brûlée : la partie supérieure n'avait rien perdu de sa verdure dans sa concavité.

L'auteur de cette observation n'a perçu aucune odeur sulfureuse quand la foudre l'environnait, et n'a pu en saisir aucune trace sur l'arbre et sur ses tronçons.

Un gros saule, qui était à 100 toises ouest de l'ormeau, fut également atteint par la foudre. Celle-ci semble s'être élancée d'une grosse racine qui sortait de terre, à environ 4 pieds de la tige de l'arbre. Comme le saule est placé sur le bord d'un fossé, cette racine est à découvert tout le long du fossé; elle était froissée et déchirée à un pied sous terre et d'autant plus qu'on se rapprochait plus du tronc. On voyait la terre renversée de bas en haut, et comme repliée, non-seulement près de cette racine, mais plus encore à une autre racine un peu moins forte qui sillonnait le bord du fossé du côté de l'est. Une grosse motte de gazon enlevée au pied de l'arbre du côté du midi, annonçait avoir été une autre ouverture faite de bas en haut par la foudre. L'arbre, ouvert et déchiré de tous côtés, portait partout l'empreinte de bas en haut: sa tige et l'écorce étaient tordues naturellement comme en spirale, et on distinguait très-bien que le feu avait suivi et endommagé l'arbre dans la même direction contournée.

Le corps de ce saule avait environ 2 pieds de diamètre: il fut fendu, ou profondément entr'ouvert, et dut se resserrer bien rapidement, car on remarquait avec une grande surprise des débris de cette grosse racine de l'ouest enfermés dans les fentes faites au moment de l'explosion; ce qu'il y a de singulier, c'est que la hauteur à laquelle ces débris avaient été introduits dans le corps de l'arbre était inverse de leur pesanteur spécifique. L'écorce rougeâtre, légère et spongieuse

de cette racine était à la partie la plus basse de la fente, l'aubier un peu plus haut, et le bois encore plus haut. La direction de ces morceaux de bois était remarquable; leur bout extérieur était dirigé en haut, dans le même sens qu'un clou qu'on enfonce en frappant de haut en bas obliquement; ces débris formaient sur le corps de l'arbre un angle de 60 à 70 centimètres. C'est en vain qu'on essayait de les arracher.

L'explosion parut s'être faite à la tête du saule, à 7 pieds environ au-dessus du terrain, à l'endroit où commencent les branches. Il n'y a pas eu une seule branche ni une seule feuille endommagée, bien que ce saule formât une très-grosse tête par la divergence de ses branches. Ce saule, plus élevé que ses voisins, avait environ 4 toises de hauteur (8 mètres).

A 4 toises est et ouest de ce saule, deux autres saules, presque aussi gros que le précédent, furent également atteints par la foudre: leurs troncs étaient endommagés de bas en haut, mais infiniment moins que le premier. Le gazon était un peu soulevé au pied de l'arbre. — Les deux derniers saules n'ont souffert que dans l'écorce et dans l'aubier; le bois d'un seul a été légèrement entamé, et la traînée de feu paraît n'être pas parvenue jusqu'à la divergence des branches. Les parties atteintes n'exhalaient aucune odeur.

A 1,200 toises ouest de ces deux saules, un très-gros saule fut aussi endommagé. Il avait plus souffert que les deux précédents: les lésions paraissaient produites de bas en haut. La matière ignée, sortie plus abondamment de terre, dut faire son explosion au-dessus de la tête de l'arbre, à l'endroit où la divergence des branches est bien marquée: des tronçons de la tête de l'arbre, des branches entières étaient jetées au loin. Un des côtés de la tête de l'arbre était resté en place, et les feuilles de cette partie presque intacte présentaient le même phénomène que celles de l'ormeau, convexes et comme brûlées par-dessous, concaves et encore vertes par-dessus.

Tous ces arbres étaient dans un sol humide, gras, qui a une très-grande profondeur de bonne terre, sans le moindre caillou...

Plusieurs autres arbres furent encore endommagés dans

un espace d'environ 1,200 toises de longueur ouest à est. Mourgue dit en connaître sept plus hauts que ceux qui les environnaient. Il semble que le nuage électrisé était très-bas et aura électrisé le sol à un certain point, et que les sept arbres auront servi d'autant de conducteurs à l'électricité terrestre.

Cette remarquable observation, que nous avons dû abréger sur quelques points, se trouve consignée dans le *Journal de Physique* (1).

Arbres roulés. On désigne sous le nom d'*arbres roulés* ceux qui, sans lésions extérieures, n'en sont pas moins divisés à l'intérieur en couches concentriques.

Le 25 août 1818, un grand chêne de la bordure du bois de Thury, ayant 25 mètres de hauteur, fut frappé par l'étincelle foudroyante. En 24 heures ses feuilles jaunirent, puis tombèrent. L'arbre ne montrait extérieurement qu'une légère rainure dans toute la hauteur. L'étincelle avait frappé les racines, et lancé à plus de 25 pas les terres et les cailloux. Cet arbre fut arraché avec le plus grand soin ; les terres étaient noires et répandaient une forte odeur sulfureuse. L'arbre était *roulé* dans toute sa longueur ; les couches concentriques du bois se détachaient les unes des autres comme des tubes de lunette d'approche ; on ne put tirer aucun parti de ce bois, si ce n'est pour en faire du bois à brûler (2).

Ce même phénomène fut aussi observé sur plusieurs vieux chênes voisins du château de Hautefeuille (Yonne).

Les trombes fulminiques produisent quelquefois le même résultat. M. Martins a signalé plusieurs peupliers, chênes et aulnes atteints par la trombe de Montville, non-seulement tordus, mais dont l'aubier était tellement séparé que l'on pouvait l'isoler en entier sous la forme d'un cylindre creux, se moulant parfaitement sur le cylindre plein formé par le cœur du bois.

Arbres forés. La foudre pratique quelquefois au centre des arbres et de haut en bas un canal à parois noires et charbonnées.

(1) *Journ. de Phys.*, t. XIII, suppl., p. 459 (1778).
(2) Héricart, *Mém. cité*, p. 346.

En juin 1823, à Moisselles, la foudre frappa un gros orme, et, parvenue à une loupe volumineuse, elle sauta sur un orme voisin à moitié de sa hauteur, le perça de part en part en le déchiquetant en lambeaux. Le tronc était éclaté jusqu'aux racines, il semblait avoir été percé de haut en bas par un boulet rouge qui l'aurait charbonné et brûlé (1).

La trombe observée à La Française et à Lizac, en juillet 1835, brisa toutes les branches d'un noyer séculaire et le fora à son centre comme on aurait foré une pièce d'artillerie.

Le 25 septembre 1850, la foudre frappa un pin de la rotonde de l'éléphant du jardin zoologique de Marseille, et traversa ce pin de part en part (*Patrie* du 30).

Arbres coupés transversalement. Nous n'en connaissons aucun cas; nous ne pourrions que signaler des branches abattues comme par un coup de hache.

Arbres tordus. Des moissonneurs ont vu la foudre s'abattre sur la tête d'un vieux merisier et la briser en la tordant sur elle-même (2). Cette torsion est assez rarement produite d'une façon bien nette par la foudre, tandis que c'est un effet commun des trombes

Effets de combustion. — La foudre qui fragmente parfois à l'infini les arbres qu'elle frappe, ne laisse pas toujours des traces de carbonisation sur les parties qu'elle a touchées.

Un fagot était couché sur des chenets, en attendant qu'on l'allumât; la foudre pénétra par la cheminée, brisa le fagot en mille morceaux, mais n'y mit pas le feu (de Louville). Nous pourrions ajouter aux exemples que nous avons déjà signalés un grand nombre d'autres observations, nous nous contenterons d'exposer les différents modes de combustion que produit la foudre sur les arbres.

La foudre carbonise le bois dans son trajet à des profondeurs variables : souvent même la couche noircie est d'une extrême minceur. Sur un châtaignier observé par J. A. Clos, la foudre enleva l'écorce dans une grande étendue du tronc et y laissa une large plaie où le bois fut frappé de mort. A

(1) Héricart, *Mém. cité*, p. 349.
(2) Héricart, *Mém. cité*.

huit ans de là, un second coup de foudre vint suivre le trajet précédent, et carbonisa le bois mort sur une profondeur de 5 à 7 millimètres (1).

La foudre incendie les bois qu'elle frappe : on a vu des arbres brûler complétement si la pluie ne mettait un terme à leur combustion. Mais cet accident est assez rare, nous n'en connaissons même que sept exemples.

J.-A. Clos rapporte que le 26 septembre 1810, à 10 heures du soir, pendant un violent orage accompagné de grêle, la foudre tomba à Lempaut (Tarn) sur un gros chêne vivant et l'enflamma, malgré la pluie ; cet arbre fut dévoré par les flammes jusqu'au tronc, auquel adhéraient encore quelques branches (2).

Odeur des fragments. L'odeur sulfureuse des fragments détachés des arbres par la foudre a été constatée par plusieurs observateurs ; dans quelques cas, cette odeur était très-forte quand on achevait de détacher l'écorce des arbres foudroyés (Fusinieri) (3).

Suivant M. Boussingault, l'odeur sulfureuse ne se perçoit pas, c'est au contraire une odeur de bois distillé, semblable à celle que l'on perçoit dans les usines où l'on prépare du vinaigre par la distillation du bois (4).

Dégâts énormes produits par la foudre sur les arbres. — Nous allons rapporter quelques-uns des dégâts les plus considérables produits par la foudre sur les arbres.

Un tilleul de 75 pieds de hauteur, âgé de 100 ans au moins, qui mesurait 2 pieds de diamètre, fut tellement brisé par la foudre, le 23 août 1782, qu'il n'en resta plus qu'un tronçon de 20 pieds de haut (Schachmann).

Le 28 octobre 1811, à Berkeley, le tonnerre frappa deux chênes : l'un d'eux fut haché, déraciné en partie, les bran-

(1) *Études sur la météorol. du pays toulousain.*

(2) Parisot en a signalé un exemple. Voir aussi : *Écho du Monde savant*, mai 1842. — *Comptes rendus*, t. XXII, p. 909 (1846). — *Bresl. samml.* (1721).

(3) Héricart de Thury. *Ann. de la soc. d'agric. et de botan. de Gand*, t. V (1849).

(4) *Comptes rendus*, t. XXII, p. 919 (1846).

ches tordues et entrelacées en tous sens gisaient sur le sol; des éclats furent emportés à 60 ou 80 yards (1).

En mars 1818, à Plymouth, un sapin de plus de 100 pieds d'élévation et de 14 pieds de circonférence, objet d'admiration dans la contrée, disparut littéralement brisé en pièce. Quelques fragments furent lancés à 250 pieds de là (2).

Le 2 août 1821, la foudre, sous la forme d'un globe de feu, tomba dans la futaie du sommet de la montagne de Saint-Martin-de-Thury, brisa, tordit, écharpa une douzaine de pins au milieu desquels elle tomba. L'un d'eux était en mille éclats noircis et brûlés superficiellement ; ses racines étaient soulevées à jour (3).

Un chêne énorme fut brisé, en 1723, près de Nemours, à la terre du Boulay, des fragments furent lancés jusqu'à 300 pieds : un fragment de 16 pieds de long, que quatre hommes n'auraient pas pu porter, fut projeté à 45 pieds(4).

Feuilles. — Les feuilles des arbres foudroyés sont souvent intactes, mais souvent aussi elles portent des traces de brûlure, des lésions variées.

On a vu les feuilles recroquevillées, légèrement roussies, ou desséchées en quelques heures, bien qu'un examen consécutif n'eût mis en évidence aucune lésion du tronc, ou des racines.

Le 8 juillet 1845, à Vaugirard, à la suite d'un éclair très-brillant, accompagné d'un violent coup de tonnerre, les feuilles d'un amandier tombèrent subitement par milliers, tandis que celles des autres arbres voisins n'offraient rien de semblable(5).

Un des arbres des Champs-Élysées ayant été foudroyé, Marchais fils, constata que le sol était percé tout autour de plusieurs trous de 2 à 3 lignes de diamètre. En trois ou quatre endroits l'écorce était soulevée de bas en haut ; les feuilles étaient jaunes et grillées par dessous, et recroquevillées comme du parchemin présenté au feu ; le côté supé-

(1) Howard, Tab. LXIV.
(2) Howard, CXLI.
(3) Voir Fulgurites, Héricart, *Mém. cité*, p. 352.
(4) Autres exemples : *Acad. des sc. Hist.*, p. 28 (1756).
(5) *Comptes rendus* août 1845, et l'*Institut*, XIII, p. 295.

rieur était resté vert. Tout semblait démontrer que la foudre était partie de terre (1).

Voir précédemment l'observation de Mourgue (*arbres fendus* p. 428).

Des effets bienfaisants de la foudre sur les végétaux. — Du temps de Plutarque, on savait déjà que l'eau de pluie qui tombe avec tonnerre et éclairs, est meilleure pour arroser. Plutarque ajoute que le tonnerre se fait rarement entendre en hiver, et que c'est à la plus grande fréquence du tonnerre et de la pluie au printemps que l'on doit la plus grande fécondité du sol, si bien que les pays « *où il pleut souvent et à bon escient au printemps, comme est l'isle de Sicile, produisent beaucoup et de bien bons fruits* (2).

La science moderne a confirmé la justesse des observations de l'antiquité, elle en a trouvé la cause dans la présence d'une quantité notable d'azotate d'ammoniaque dans les eaux d'orage et dans la grêle.

Mais s'il est reconnu aujourd'hui que les pluies d'orage ont des propriétés bienfaisantes, nous ne saurions regarder la foudre comme capable de produire les truffes. Cette croyance, que l'on trouve dans Plutarque (3), est une erreur qu'il n'est pas besoin de réfuter.

La foudre n'altère pas toujours la vitalité des arbres, lors même qu'elle laisse sur eux des traces manifestes de son passage.

Un châtaignier, frappé 2 fois à 8 années d'intervalle, resta cependant vert et ne cessa de porter des fruits chaque année (J.-A. Clos).

Deux peupliers d'Italie restèrent verts et bien portants quoique sillonnés de haut en bas par l'étincelle foudroyante (Héricart de Thury).

La foudre tomba, au mois de juillet 1835 sur un peuplier faisant partie d'une avenue. Quelques branches furent cassées au sommet ; l'étincelle suivit le tronc de haut en bas,

(1) *Journ. de Phys.*, t. XX, p. 366 (1782).
(2) Traduction d'Amyot. Paris, 1575. — *Les causes naturelles*, p. 535.
(3) *Les Symposiaques*, liv. IV, quest. 2.

sans endommager l'écorce et s'enfonça au pied dans le sol dont elle souleva deux grosses mottes de terre d'à peu près 1 pied cube chacune. Ce peuplier avait alors 1 pied de circonférence ; l'année suivante, il en avait 2, tandis que ses voisins avaient conservé la même grosseur. L'arbre avait grossi si rapidement qu'on remarquait sur l'écorce une crevasse par où la sève s'écoulait en abondance (1).

Le 13 avril 1781, aux environs de Castres; un vieux peuplier fut décortiqué en quelques endroits. Or, M. Pujol remarqua qu'il poussa bientôt après ses feuilles, quoique les peupliers voisins ne les eussent produites que beaucoup plus tard (2).

Effet de transport. — La foudre tomba le 24 juillet à Cuba, dans une plantation de San-Vincente, sur un palmier, et traça sur les feuilles sèches de cet arbre de magnifiques images des pins d'alentour qui étaient pourtant à 339 mètres du palmier (3).

C'est l'unique exemple de transport de débris végétaux avec empreintes que nous possédions ; nous signalerons plus loin des empreintes végétales produites sur l'homme par la foudre.

Racines. — Nous avons déjà mentionné des effets de la foudre sur les racines des arbres, nous les avons vues à découvert, au milieu d'un sol bouleversé, déchirées suivant leur longueur, ou fendues en fragments plus ou moins réguliers. Dans quelques cas, elles étaient divisées à l'infini et carbonisées sur une étendue plus ou moins considérable.

Effets sur la vitalité des arbres. — Un arbre peut être frappé de mort par la foudre, alors même qu'il ne porterait aucune trace de lésion externe. L'homme lui-même peut être frappé de mort subite par la foudre sans qu'aucun

(1) *Comptes rendus*, t. II, p. 419 (1836).
(2) Bertholon, *De l'électricité des végétaux*, p. 29.
(3) Poey, *Gazette médicale de Paris*, 5 mai 1855, et l'*Institut*, t. XXIII, p. 123.

de ses organes soit lésé. Morton, Rosa, John Gowan, Héricart, Tull et Toaldo en ont signalé des exemples.

Dans quelques cas la vie n'est pas complétement éteinte, on voit peu à peu l'arbre foudroyé recouvrer toutes les apparences de la santé. Héricart de Thury a cité 2 pommiers sillonnés par la foudre, qui perdirent leurs fruits et une partie de leurs feuilles : celles-ci furent remplacées par celles d'une seconde séve.

Assez fréquemment la vitalité des arbres foudroyés ne semble pas altérée, on les voit fructifier comme avant d'être frappés ; Bertholon (1) dit même que la fulguration peut exercer sur les arbres une influence salutaire (2).

Herbes. — Howard rapporte que, dans l'été de 1811, la foudre atteignit un champ de patates, à peu de distance de Plaistow. Le champ était plus bas et plus humide que les terrains environnants. La foudre s'était pratiquée une petite cavité arrondie en enlevant un boisseau de terre environ. De ce point, elle avait tracé un sillon semi-circulaire de 5 yards environ de long, qui se subdivisait et se perdait ensuite en ramifications imperceptibles. Les patates, dans l'espace d'environ une perche carrée, et plus particulièrement à l'est du trou, avaient considérablement souffert, non point dans leurs sommités et leurs feuilles, mais dans le bas de leurs tiges, qui, dans l'étendue de 4 à 5 pouces étaient brûlées, fendues ou partiellement réduites en pulpe. La plupart de ces plantes continuèrent à vivre. A l'époque des gelées, la pulpe se dessécha sur quelques-unes d'entre elles éparses au milieu des autres et distantes de 18 mètres environ du trou et du sillon mentionnés (3).

Au milieu d'un violent orage du mois de juillet, une masse considérable de feu s'abattit sur une pièce de betteraves ; les feuilles furent desséchées, rougies, frisées ou brûlées. Les bords des feuilles étaient seuls ratatinés, desséchés et ridés, et même colorés d'une façon toute particulière en rouge ou en violet ; ils n'étaient nullement friables. Le corps même des feuilles

(1) *De l'électricité des végétaux*, p. 29.
(2) Voir précédemment, p. 436.
(3) *Climat. Tab.*, LVIII.

était rouge ou violet et souvent déchiré. Tilésius crut reconnaître au microscope que la coloration provenait de l'extravasation de la séve rouge hors des vaisseaux. La foudre aurait donc occasionné aux feuilles un genre de lésion comparable à l'ecchymose sur le corps de l'homme (1).

Nous ne possédons pas d'autre observation que celles que nous venons de rapporter; mais des physiciens ont étudié l'action de l'étincelle des machines sur les végétaux herbacés, nous ne ferons que renvoyer aux expériences de Nairne, de Van-Marum, de M. Becquerel...

Cercles des fées. — Les *cercles*, les *anneaux des Fées*, les *Cercles nécromanciens* ou *magiques*, *fairy circles*, *fairy rings*, *Zauberkreise* sont, dans les prairies, des bandes formant des cercles complets ou incomplets où l'herbe est tantôt brûlée, tantôt au contraire plus haute, plus serrée et plus verte qu'ailleurs.

Nous n'avons rien trouvé dans les auteurs français qui concernât ce genre de phénomène, nous avons eu recours aux auteurs étrangers pour en tracer l'histoire.

Lister rapporte que le célèbre docteur Walker visitant, après un orage avec éclairs et tonnerre, un pré qui allait être fauché, remarqua une bande circulaire d'un pied de large, où l'herbe venait d'être brûlée presque jusqu'au sol; la couleur et la friabilité de ses tiges démontraient nettement l'action du feu. L'espace ainsi circonscrit avait un diamètre de 4 à 5 yards. Walker avait visité le pré quelques minutes avant l'orage et n'avait rien remarqué. L'herbe fut fauchée, et l'année suivante elle repoussa sur ce cercle précédemment brûlé, plus verte que jamais, plus haute et plus serrée que dans l'espace circonscrit et dans les environs (2).

Lister (3) dit avoir souvent observé les cercles de fées: les uns étaient brûlés sous la forme de sentiers circulaires, ayant parfois plus d'un pied de large, circonscrivant des espaces de 7 à 8 mètres de diamètre; les autres, de même lar-

(1) Voir *Journ. de Schweigger*, t. XXXIX, p. 138 (1823).
(2) *Phil, trans.*, v. X, p. 394 (1675).
(3) *Loc. cit.*

geur que les précédents, offraient une herbe beaucoup plus verte et beaucoup plus fraîche que celle qu'ils entouraient.

Wheateroft a vu six cercles dans un vaste herbage; le premier avait 20 pieds de diamètre, et était formé d'une bande de 20 pouces de largeur. Les autres étaient de plus en plus petits, si bien que les deux derniers n'avaient plus que six pieds de diamètre (1).

John Morton a vu plusieurs fois ces cercles sur les pâturages de Braybrook, de Farndon-Hill, dans les vergers de Wardon, de Pisford (2).

Le 19 juin 1781, un violent orage passa sur l'extrémité occidentale de Londres. Nicholson se trouvait alors à Battersea et ne fit pas d'autre remarque, si ce n'est que les éclairs étaient fourchus à leur extrémité inférieure, mais jamais à leur sommet, d'où il conclut que les nuages étaient pour la plupart chargés d'électricité positive. Le dimanche 24, ayant visité les vastes jardins de Kensington, il y découvrit de nombreuses traces de fulguration. Il remarqua sur le gazon des *raies en zigzags* dont quelques-unes avaient 50 à 66 yards (45 à 60 mètres) de longueur, et sur lesquelles le gazon était décoloré. Mais la localité qui attira le plus son attention fut un petit bouquet d'arbres à l'angle d'une allée. Au pied d'un tronc, on voyait dans le sol un trou de 4 pouces de profondeur, large de 2 pouces et dirigé vers le sud. A 2 pieds plus loin, et dans la même direction, se trouvait un trou semblable; entre ces deux trous le sol était déchiré, le gazon était grillé à la distance d'environ 3 pieds en plusieurs directions, et dans cet espace brûlé, on trouvait plusieurs autres trous, mais plus petits.

Plusieurs troncs d'arbres avaient aussi un trou dans leur voisinage, entouré d'un anneau de gazon brûlé. L'un de ces troncs offrait un anneau de 6 pieds de rayon et de 18 pouces de large ; l'herbe et le sol y étaient considérablement brûlés, tandis que l'espace circonscrit était parfaitement sain. Un autre tronc avait un anneau de 1m 80 de diamètre (3).

(1) *Compte rendu de l'Acad. de Caen*, p. 97 (1811).
(2) *The natur. hist. of Northampton*, p. 397.
(3) Voir Nicholson's Journ. 1re série in-4°, vol. 1, p. 546 (1797-1798).

En 1783, d'épais brouillards régnèrent sur le Meiningen et notamment sur les montagnes qui l'avoisinent; pendant leur durée survinrent des orages remarquables par leur violence. Un jour, dit M. Heim, je me trouvai sur une de nos montagnes, au pied d'un sapin, lorsque je fus subitement entouré d'un vif éclair : à l'instant même j'entendis un grand coup de tonnerre. Je courus aussitôt et de toutes mes forces au bas du sentier qui était éclairé par une masse de feu, tandis qu'un violent craquement ébranlait le sol sous mes pas. Une fois le nuage passé, je revins à l'endroit où je m'étais porté quelques instants auparavant. Le second coup de foudre avait frappé le sapin sous lequel je me trouvais. L'étincelle avait sillonné l'écorce de l'arbre sur la largeur d'une main, puis elle avait suivi une de ses racines, ravageant la mousse et le gazon d'alentour. Une des branches de sapin avait été brisée et jetée à 30 pas de là. Ceci se passait au mois d'août; dans le courant de septembre, je revins au même endroit, et à mon grand étonnement, je vis des deux côtés de la racine du sapin suivie par la foudre des stries circulaires d'un beau vert foncé formées par du gazon court et très-serré; d'un côté ces stries étaient disposées en spirale. A l'endroit où la branche brisée avait été jetée sur le sol, on ne trouvait pas de cercles, mais plusieurs taches d'un vert foncé, les unes rondes, les autres oblongues. Ces cercles, ces spirales, ces taches durèrent jusqu'à l'automne, se montrèrent de nouveau au printemps suivant, durèrent toute l'année et disparurent complétement à la fin de la troisième année.

Heim ajoute avoir vu souvent les cercles de fées dans les endroits atteints par la foudre.

Le fait suivant est consigné par le vicaire Jonath Wilson. Le 7 juillet 1804, la foudre tomba sur un champ à Biddulph (Staffordshire). Huit jours après, M. Wilson reconnut que la foudre avait tué la tête des chardons les plus élevés, dans un espace circulaire d'environ 20 pieds de diamètre, tandis que les herbes et les chardons qui ne dépassaient par le gazon n'étaient pas roussis. Les têtes de chardons plus rapprochées de la circonférence étaient plus endommagées que celles qui étaient plus voisines du centre. — En deux places le sol était

labouré, sur une longeur de quelques pieds, et à une profondeur de 1 à 2 pouces. Sur d'autres points, le gazon était soulevé en diverses ramifications simulant le trajet des taupes. Sur une partie où l'impression laissée sur le sol était plus profonde et affectait la forme d'un V, on voyait près de l'angle un trou droit et rond, profond de 2 pieds environ et de 3 pouces environ de diamètre.

Les cercles de fées se montrent donc principalement dans les prairies; on en voit aussi sur le versant des collines, et dans les parcs, souvent alors chaque anneau a pour centre un arbre, dont les branches peuvent s'étendre bien au-delà de l'anneau, ainsi que Morton s'en est assuré dans les vergers de Wardon et de Pisford.

Tantôt l'herbe est roussie, brûlée, tantôt elle est plus serrée, plus verte que dans le voisinage. Morton a vu sur toute la bande circulaire se développer des champignons vénéneux qui n'occupaient pas d'autres points que la bande.

La bande circulaire a de 10 à 30 pouces; tantôt elle conserve sa largeur dans toute son étendue, tantôt elle varie même sur un seul anneau.

Le cercle des fées peut être coupé en deux : Wheateroft vit un jour sur le bord d'un ruisseau une portion de cercle; ayant visité le bord opposé, il y trouva un arc qui complétait exactement ce cercle. Morton dit que les anneaux complets sont rares relativement aux anneaux incomplets.

Dans quelques cas, on a observé deux anneaux concentriques, incomplets, nous avons vu et rattaché au même ordre de phénomènes les bandes en spirale, les rameaux, les branches, les bandes en zigzag.

Les fées, en dansant dans les prairies, donnent au terrain qu'elles foulent une fécondité extraordinaire. Telle est la croyance des campagnards et des amis du merveilleux.

Des physiciens ont cherché à attribuer les phénomènes précédents non plus à la foudre, mais à des causes variées. Pour eux, ils seraient dus à la fiente des animaux, même à celle des insectes, des vers; mais pourquoi cette régularité de forme? pourquoi ces cercles de fées dans des prairies qu'aucun bétail n'a fréquentées? Les champignons, qui pous-

sent quelquefois sur ces bandes circulaires sont un effet et non une cause.

Wheateroft, Plot (1), Leiter, Walker, Heim, F. Wilson sont unanimes pour attribuer les cercles de fées à une étincelle électrique circulaire. Mais quel est le mode d'action de l'agent électrique? Nous pensons que c'est en déterminant dans le sol la formation d'une certaine quantité d'azotates que l'étincelle foudroyante rend le sol plus fécond.

Nous ne saurions comparer les anneaux concentriques de Priestley, de Nobili avec les cercles de fées. Si nous nous demandons de quelle manière sont tracées ces bandes circulaires, nous reconnaîtrons bientôt qu'elles peuvent être attribuées à une masse foudroyante qui s'étalerait en cône creux en venant toucher le sol. Cette explication est bien insuffisante, puisqu'elle ne s'adapte point aux cas où des branches restées intactes recouvraient les cercles de fées; mais dans ces cas, on pourrait supposer un rayon décrivant un cône dont le sommet serait dans le sol. La science a besoin de renseignements plus précis pour éclairer ce sujet.

(1) *Nat. hist. of Staffordshire*, ch. 1, p. 29.

CHAPITRE II

EFFETS DE LA FOUDRE SUR LE SOL. FULGURITES

SOMMAIRE. — Absence d'altération du sol. — Sillons. — Trajet horizontal. — Trajet souterrain. Sol soulevé. — Canaux perpendiculaires. — Trous peu profonds. — Effets produits sur les sources. Effets produits sur les rochers, sur les pierres. — Altération de la substance du sol. — Vitrification. — Fulgurites. — Tubes fulminaires. Direction. Longueur. Forme. Dimensions. Couleurs. Divisions. — Fulgurites pleines. — Fulgurites en feuillets. — Leur nature. Mécanisme de leur formation. — Observations de fulgurites.

Absence d'altération du sol. — Le sol foudroyé n'offre parfois aucune trace de la foudre ; on a fréquemment recherché en vain les traces de la foudre dans le sol au pied des arbres foudroyés, ou près des personnes tuées, et même dans le sol des maisons et dans les environs après des dégâts considérables causés par l'étincelle foudroyante. Mais dans un grand nombre de cas, les traces de la foudre sont nombreuses et des plus manifestes ; nous allons les étudier successivement.

Sillons. — La foudre produit des sillons dans le sol, variant d'une longueur de 4 à 131 pieds, et même des sillons superficiels qui atteignent 42 à 50 mètres ; ces sillons n'ont ordinairement que 4 à 10 pouces de diamètre.

Très-souvent le sillon ne dépasse pas l'épaisseur du gazon ; dans d'autres cas, il atteint une profondeur de 3 à 4 pouces. Borlase en cite un de 1 pied de profondeur, et Linsley, de 2 à 3 pieds. Tantôt rectilignes, tantôt plus ou moins brisés, vermiculaires ou en spirale, on les voit assez fréquemment se ramifier.

Howard (1) rapporte que dans l'été de 1811 la foudre tomba sur un champ de patates près de Plaistow. Elle s'y était pratiqué une petite cavité arrondie en enlevant un boisseau de terre environ. A ce point, elle traça un sillon semi-circulaire de 5 yards (5 mètres environ) de long qui se divisait et

(1) Tabl. LVIII.

se subdivisait pour se perdre en ramifications imperceptibles.

Hoff a cité un cas, arrivé à Herlund, en Westrogothie, en 1729, où la foudre se subdivisa dans le sol par dichotomie, en un grand nombre de sillons, parce qu'elle avait rencontré une roche sur son passage.

Trajet horizontal, en partie superficiel, en partie souterrain. — Il n'est pas rare que la foudre qui sillonne le terrain, au lieu d'en contourner les saillies, les perce de part en part à l'instar d'un boulet, et que, conservant le niveau qu'elle a pris dès l'origine de sa course horizontale, elle disparaisse ainsi et parfois, à plusieurs reprises, sous des buttes de terre, de pierres, sous un massif de petites racines, sous le terrain dur et compacte d'une route, et même sous une roche pour reparaître de l'autre côté, quelquefois alors subdivisée en deux ou trois rayons. Ce trajet horizontal, en partie superficiel et en partie souterrain, est parfois d'une grande longueur, de 130 pieds, par exemple, malgré la tendance assez habituelle du météore à s'enfoncer perpendiculairement dans le sol ou à se dissiper promptement à sa surface.

Voici trois exemples de ce singulier et intéressant phénomène :

Notre confrère et ami M. le docteur Herpin nous a communiqué le fait suivant : Au mois de juillet 1846, la foudre tomba sur un chêne placé sur le bord d'un chemin vicinal près de Céligny (canton de Genève). Après avoir profondément déchiré l'écorce de l'arbre, elle s'était divisée à son pied en deux rayons ; l'un s'était dirigé dans le pré voisin où il s'était promptement ramifié, en traçant des sillons divergents parfois interrompus par des sortes de ponts plus ou moins larges formés par le gazon.

Le second rayon avait traversé la route à angle droit. Sur le bord de celle-ci, où l'arbre était placé, il n'y avait qu'un fossé peu apparent ; la route était fortement bombée, et du côté opposé existait un fossé assez large et profond qui contenait de l'eau. Or, à partir du pied de l'arbre, un large sillon coupait le chemin sur le tiers environ de sa largeur ;

le tiers suivant, celui du milieu, partie empierrée et compacte, ne présentait aucune trace de la foudre ; mais le sillon reparaissait au delà et coupait, toujours à angle droit, le dernier tiers de la route jusqu'au fossé.

Les faits précédents nous font comprendre ;

1° Comment un homme peut être atteint directement par la foudre, quoique assez éloigné du lieu même où elle est tombée du ciel.

2° Comment, en voyant la foudre sortir d'une éminence de terrain on peut croire, au premier abord, qu'elle est ascendante tandis qu'il ne s'agit réellement que d'une foudre descendante qui, vers la fin de sa course, a pris une direction horizontale.

3° Combien il importe que l'extrémité du conducteur d'un paratonnerre n'arrive pas seulement à la surface du sol, mais pénètre dans sa profondeur. Il sera même prudent d'incliner fortement en bas les diverses branches de sa griffe, et de ne pas les étaler presque parallèlement à la surface du sol.

Le 28 mai 1824, rapporte M. Kelloy, la foudre atteignit un arbre d'un pied environ de diamètre à Vernon (Connecticut) ; elle y laissa peu de traces, mais elle avait soulevé la terre très-près du pied et creusé un sillon de 8 à 10 pieds de longueur, suivant la direction d'une racine enfoncée de 3 à 4 pouces. A la distance de 30 pieds de l'arbre se trouve un petit mur surmonté d'une grille, au delà duquel est la grande route, large de 66 pieds et séparée du mur par un fossé de 5 pieds de largeur sur 2 de profondeur. Près du mur le trajet de la foudre est manifesté par une élévation du sol de 2 à 4 pouces sur une largeur de 8 à 10. Elle paraît avoir traversé la route à une profondeur de 10 à 15 pouces ; le sol en était pierreux, très-foulé et fort compacte ; arrivée près du fossé, de l'autre côté du chemin, elle avait détaché un grand gâteau de terre dureie de 8 à 10 pieds de longueur et de 1 à 4 pieds de largeur, l'avait brisé en plusieurs masses plus ou moins volumineuses qu'elle avait transportées à une petite distance ; puis elle s'était divisée elle-même en 3 rayons qui avaient pris des directions différentes ; dans deux

de ces directions elle avait laissé sur le sol l'empreinte d'une action violente. Le troisième rayon plongea dans un massif épais de racines de petits buissons, sortit du côté opposé à une distance de 10 pieds, puis se perdit à 10 ou 15 pieds plus loin. On enfonça, sans la moindre difficulté, une perche de 6 à 8 pieds de longueur dans le passage souterrain que s'était frayé le fluide. La même tentative faite dans d'autres directions fut inutile.

Ainsi, en additionnant les diverses portions de ce trajet presque horizontal, nous voyons qu'il a été de 131 pieds au moins, dont 80 environ sous le sol. Dans la plus grande partie de ce trajet la foudre ne paraît avoir été gouvernée par aucune substance attractive, mais s'être portée en avant et a peu près en ligne droite par l'impulsion qu'elle avait primitivement reçue.

Trajet souterrain. Sol soulevé. — Quand la foudre suit un trajet horizontal très-voisin de la surface du sol, ce sont en général des racines d'arbres qui lui tracent sa route, ou les petits canaux souterrains qui donnent issue aux eaux domestiques. En 1809, la foudre brisa le conducteur de laiton du château de Torring-Seefeld, à 12 lieues de Munich; le courant passa sur une conduite en plomb souterraine dépendant d'une brasserie, la suivit sur une longueur de 150 pieds environ, et la fendit dans le coude à angle droit qu'elle formait pour sortir de terre.

On voit fréquemment le sol soulevé au pied des arbres foudroyés, le gazon arraché; les pavés, les dalles offrent des exemples d'un pareil soulèvement.

La foudre s'étant portée sur les racines d'un chêne avait lancé à plus de 25 pas les terres et les cailloux (Héricart de Thury).

Dans le cas de Torring-Seefeld que nous venons de citer, les pierres et le sable qui formaient le canal du conducteur du paratonnerre furent projetés en tous sens et au loin (Bertholon).

La foudre a pu dans des cas rares détacher des portions du sol qui avaient plusieurs pieds de côté.

La foudre peut être sollicitée à suivre un trajet horizontal par le voisinage de corps conducteurs ; elle se dirige plus spécialement suivant des fissures humides qui conduisent à des marais, à des étangs. On l'a vue en 1817, à Statefort, près d'Édimbourg, atteindre le tronc d'un orme, descendre en spirale jusqu'au sol, détruire une grande quantité d'orties et de gazon, se diriger vers une maison qui renfermait une grande quantité de fer, et y tuer un homme (John Gowan). On voit que, malgré l'éloignement, la foudre a frappé une maison, guidée sans doute par l'attraction qu'exerçait sur elle la masse métallique qu'elle renfermait.

Canaux perpendiculaires. — La foudre, qui pénètre perpendiculairement dans le sol, s'y creuse souvent des canaux longs et étroits, dont les principaux caractères seront plus exactement signalés lorsque nous étudierons les fulgurites. Si nous nous bornons, pour le moment, à l'examen des canaux verticaux tels que le météore les pratique dans les cas les plus ordinaires, nous voyons que leur *orifice* à la surface du sol est en général circulaire et assez étroit. Dans un cas cité par Tzschirner, il était rond, régulier et fait comme par une balle d'arquebuse. Sur 8 observations, il avait 2 à 3 lignes; 1, 2, 3, 5, 6 et 7 pouces de diamètre.

Le plus ordinairement on ne trouve qu'un seul trou dans le sol ; quelquefois on en voit deux ou trois à petite distance les uns des autres; parfois enfin ils sont assez nombreux ; ainsi, tout autour du pied d'un arbre le sol était percé de plusieurs petits trous de 2 à 3 lignes de diamètre (Marchais).

Il importe de remarquer, au point de vue médico-légal, que c'est parfois au pied même des individus ou des animaux tués par la foudre que l'on observe ces trous :

En 1725 un berger fut foudroyé dans un champ pierreux, non loin d'Anho; ses semelles avaient été arrachées, et on constata une blessure à la plante de chaque pied. Le sol, près de là, présentait deux trous circulaires d'un mètre de profondeur et de 5 pouces de diamètre (Jos. Wasse).

En 1795, la foudre ayant tué, près de Douvres, un homme et quatre chevaux, on trouva près de l'une des jambes an-

téricures de l'un des chevaux un trou vertical d'environ un pouce de diamètre et profond de plus de trois pieds. Quoiqu'il fût tombé pendant quelque temps une forte pluie, la chaleur autour du trou était si grande, ajoute l'observateur, qu'elle enleva le vernis d'un instrument de métal qu'on y introduisit deux heures après l'orage (John Lyon).

Quant aux canaux eux-mêmes, ils sont ordinairement cylindriques. Leur longueur est variable; sur 13 cas, elle a été de 4, de 7 pouces; d'une demi-aune; de 1, 2, 3 et 6 pieds; deux fois le canal était assez profond pour recevoir un bâton tout entier, ou un bâton long de 2 aunes...

Il est vrai qu'à l'exception des fulgurites on a rarement employé les moyens propres à s'assurer exactement de cette profondeur. C'est également l'étude des fulgurites qui nous permettra de nous faire une juste idée de la direction et des ramifications que ces canaux peuvent présenter.

Trous peu profonds. — La foudre laisse souvent dans le sol, au pied des arbres, des excavations peu larges et peu profondes. Morton signale au pied d'un chêne un trou de deux pieds carrés. Borlase a noté deux sillons tracés par l'étincelle auprès desquels étaient plusieurs trous d'un pied de large sur 6 ou 8 pouces de profondeur. L'excavation est tantôt hémisphérique (de Marigues), tantôt en entonnoir et a pu atteindre 1 mètre de profondeur (Héricart de Thury).

Effets du météore sur les sources souterraines. — La foudre, en pénétrant dans le sol, agit parfois sur les sources souterraines. En voici un curieux exemple :

Le 18 août 1847, la foudre tomba dans une cour du faubourg de Namslau et s'enfonça dans le sol à peu de distance d'une source. Bientôt le liquide contenu dans un puits profond monta écumant, produisant le bruit de l'eau qui bout, et inonda la cour; il répandait une odeur de soufre, et sa température était très-élevée. La foudre avait creusé dans le sol un trou profond d'une demi-aune et d'un diamètre égal. On ne put trouver aucun vestige de la terre enlevée. Le lendemain l'eau de la source, naturellement claire et limpide, n'était plus

potable, étant boueuse et ayant un goût de sel de nitre (Poggendorff).

Rochers. Pierres.—Les effets de la foudre sur les roches qui font saillie à la surface du sol sont très-variés. Elles sont souvent *brisées* ou seulement creusées par l'étincelle. En voici un exemple :

Le 18 mars 1782, à Manassch Cutter, la foudre frappa près de son sommet un gros rocher faisant au-dessus du sol une saillie de 10 pieds carrés environ ; elle y fit une impression semblable à celle d'un boulet de canon, emporta près de vingt livres du rocher, et fendit le reste dans diverses directions, mais à peu de profondeur (Elias Forbes).

D'autres fois une roche est *coupée* verticalement ou en quelque sorte *clivée ;* parfois aussi elle est *percée* de part en part. Nous venons de citer des exemples de ces diverses sortes d'altérations. Quant à la vitrification de la surface des roches, nous n'en séparerons pas l'histoire de celle des *fulgurites.*

Dans un cas cité par M. James H. Linsley, la foudre, après avoir tracé sur le sol un sillon horizontal de 5 pieds de long sur 2 ou 3 de profondeur, arriva sur un rocher dont les couches étaient perpendiculaires à l'horizon. Elle les coupa presque à angle droit pour passer dans une petite rivière près de là.

Altération de la substance du sol. — Si l'on en excepte les *fulgurites,* les altérations du sol par la foudre ont été peu étudiées : on a signalé plusieurs fois l'odeur sulfureuse et la couleur noire du sol frappé par la foudre ; mais il faut avoir soin de se rappeler que les matières organiques que la foudre a rencontrées sur son passage dans un sol contenant du sulfate de chaux ont pu donner lieu à la production d'un sulfure et d'hydrogène sulfuré par l'élévation seule de la température, bien que l'on puisse admettre que dans beaucoup de cas le fluide foudroyant a apporté avec lui cette odeur sulfureuse.

Vitrification. — La foudre fond plus ou moins complétement le sol qu'elle atteint de ses rayons, tantôt à sa sur-

face, tantôt dans sa profondeur. Dans ce dernier cas, elle donne lieu à des productions curieuses qu'on désigne sous le nom de *fulgurites*.

Vitrification à la surface du sol. Roches. — On trouve fréquemment en Suisse des roches vitrifiées à la surface.

Les deux guides qui, en 1785, atteignirent presque la cime du mont Blanc rapportèrent de leur course quelques pierres qui furent soumises à l'examen de Saussure (1). Les plus remarquables étaient des fragments détachés d'un rocher isolé, saillant hors de la neige, un peu au delà du sommet de l'*aiguille du Gontis*, à 60 pieds environ de la cime du mont Blanc, du côté de l'Allée-Blanche. La matière de ce rocher était « une espèce de granit ou de granitello composé de schorl spathique noir, de feldspath d'un beau blanc et de pierres de corne verdâtre (*amphibole schisteux*) (Arago). » Les fragments en question étaient parsemés à leur surface de gouttes et de bulles noirâtres évidemment vitreuses, de la grosseur d'un grain de chènevis. On n'en apercevait aucune trace dans l'intérieur.

De Saussure désespérait de se rendre compte de ce singulier phénomène, lorsqu'il se rappela qu'il possédait un morceau de brique de cheminée frappé par la foudre, et dont la surface était couverte de bulles semblables à celles de ces granits. Il était parsemé, à la surface, de boursouflures, les unes entières, les autres rompues, d'un vert gris verdâtre, tel que le donne cette même brique lorsqu'on la fond au feu du chalumeau. Mais l'intérieur de la brique n'était nullement altéré; il était même d'une couleur pâle qui prouvait que les briques n'avaient été que médiocrement cuites, et qu'ainsi ces bulles ne dataient point du moment de leur cuisson. D'ailleurs le mortier dont on entoure les briques en les employant à la maçonnerie se serait attaché à ces bulles et aurait rempli celles qui étaient ouvertes, ou plutôt, comme elles étaient très-saillantes et fragiles, elles auraient été détachées avant d'arriver à l'endroit où les briques devaient être employées.

M. Ramond, qui a observé les mêmes phénomènes sur les

(1) *Voyage dans les Alpes*, § 1153, ch. XIV.

cimes des Pyrénées, a communiqué à Arago la note suivante :

« Le pic du Midi est une montagne très-dominante, très-» isolée. Il est formé d'un schiste micacé glanduleux d'une » dureté extrême, divisé en tables assez épaisses, fort adhé-» rentes entre elles et ne se subdivisant point en feuillets, » mais en parallélipipèdes obliquangles, à la manière des » trapps. Sa couleur est d'un gris noir, un peu ar-» genté par le mica. La foudre n'agit qu'à sa super-» ficie qu'elle recouvre d'un glacis d'émail, jaunâtre, sur-» monté de boursouflures ou bulles, tantôt sphériques, » tantôt crevées et concaves, ordinairement opaques, quel-» quefois transparentes. Il y a des rochers dont la face en-» tière est vernissée de cet émail et couverte de bulles dont » la grosseur atteint souvent celle d'un pois. Mais l'intérieur » de la roche demeure parfaitement sain : la partie fondue » n'a pas plus d'un millimètre d'épaisseur.

» Le sommet du mont Perdu, que j'ai atteint il y a 20 ans, » m'a offert le même phénomène. Celui-ci, presque entière-» ment couvert de neige, ne montre point de rochers conti-» nus, mais seulement des fragments de petite dimension, » entassés sans ordre. C'est une pierre calcaire, bitumineuse » et fétide ; mais elle renferme du sablon quartzeux d'une » extrême finesse, qui y est mélangé en assez grande pro-» portion. Plusieurs des fragments portent des marques évi-» dentes de l'action de la foudre. Leur surface est chargée » de bulles d'émail jaunâtre, et, comme au pic du Midi, la » fusion n'est que superficielle : elle ne pénètre pas au de-» dans de la pierre nonobstant la petitesse de son volume ; » et ce qui n'est pas moins remarquable, une chaleur qui a » été capable de vitrifier la surface n'a pas enlevé à la pierre » cette odeur cadavéreuse dont nous la privons si aisément, » soit en la dissolvant dans un acide, soit en la chauffant un » peu fortement.

» Enfin j'ai vu encore, il y a une douzaine d'années, la sur-» face des rochers vitrifiée et couverte de bulles par l'effet » de la foudre dans la *roche Sanadoire*, montagne du dépar-» tement du Puy-de-Dôme, formée de *Klingstein porphyr*, et

» qui, dans notre opinion, est d'origine volcanique. La fusion » est, de même, superficielle, et se manifeste par des bulles » et des soufflures sur un glacis de petite épaisseur. »

De Humboldt et Bonpland ayant gravi la plus haute cime de *Toluca* (à l'ouest de la ville de Mexico), y trouvèrent la surface du rocher, *el Frayle*, vitrifiée. La roche est un porphyre trachytique rougeâtre, renfermant de grands cristaux de feldspath lamelleux et un peu d'amphibole. Les masses vitrifiées occupaient 18 décimètres carrés. L'enduit, vert olive, n'avait guère que 1/10 de millimètre d'épaisseur, et ressemblait à celui de quelques aérolithes. En plusieurs endroits, la roche était percée et les trous offraient intérieurement la même couche vitreuse. Le lieu dans lequel les célèbres voyageurs découvrirent ces masses, est une espèce de tour rocheuse qui s'élève perpendiculairement au-dessus de l'ancien cratère du volcan de *Toluca*, actuellement rempli d'eau, et dont le sommet n'a pas plus de 3 mètres de large (1).

M. Echterling trouva près de Paderborn (Prusse) le gazon brûlé par la foudre au pied d'un sapin, et sur le sable il trouva de petits corps vitrifiés et réunis entre eux par des filaments coralliformes également vitreux. Il n'y avait pas de fulgurite.

Le capitaine Thomson rapporte qu'une meule de foin fut incendiée par la foudre dans la paroisse de Dun, près de Montrose. Quand le feu fut éteint, on remarqua dans le milieu de la meule un canal cylindrique taillé comme avec un instrument tranchant et qui s'étendait jusqu'au sol; sur la surface de ce canal on trouva une certaine quantité de substance vitrifiée et bulleuse. Il faut se rappeler que les graminées sont riches en matières siliceuses (2).

Le 31 mai 1769, rapporte Ebell (Hanow. mag., 1769, 49 st., p. 769), la foudre atteignit une maison à Hanovre (3). De la terre glaise qui revêtait une poutre fut réduite en un verre blanc verdâtre, et, chose remarquable, cette matière,

(1) Arago, *Notice. Annuaire des longitudes*, p. 323 (1838).
(2) *Edinb. journ. of. sc.*, juillet 1830.
(3) Voyez *Fils de Sonnettes*.

sans doute encore en fusion, fut transportée par le rayon électrique en dedans d'une sonnette, mais d'un côté seulement. Cette sonnette avait été percée en deux endroits et présentait à sa surface des globules de fer de la grosseur de graines de pavots suspendus comme des gouttelettes. On trouva également de la terre glaise vitrifiée au pourtour du trou par lequel un fil de sonnette, qui avait été fondu en globule, passait dans une autre pièce.

De Saussure a vu des traces manifestes de vitrification sur la surface d'une brique de cheminée frappée par la foudre.

Des traces de fusion ont été vues par Beccaria sur des tuiles de l'église du Saint-Esprit, à Hambourg, en 1780, après un coup de foudre, et sur le ciment (sable et chaux) qui reliait les pierres de la tour des Asinelli à Bologne (1).

Fulgurites. — *Historique.* — *Les fulgurites* ou *tubes fulminaires*, de l'ordre des *astrapyalites*, ou mieux *astrapyalithes* (αστραπη, éclair) sont appelés par les Allemands *Blitzrohre* (tubes de foudre), *Blitzsinter* (stalactites fulminaires). Emmerlich, qui n'en connaissait pas l'origine, les avait nommées *Kieselsinter* (stalactites siliceuses). Ce sont les *vitreous tubes*, les *Keraunian sinter* des Anglais. On les trouve décrites dans quelques anciens ouvrages sous les noms d'*osteocolla lapidem, vitræa, cum acidis non effervescens.*

M. Böttinger (2) croit que les anciens ont eu quelques connaissances de nos fulgurites : il cite à ce sujet un passage de Lucain, dont il n'est guère possible de tirer une conclusion certaine.

C'est en 1711 que le pasteur Heanh-David Hermann trouva à Massel, en Silésie, les premières fulgurites, les décrivit et les figura dans son ouvrage intitulé *Massographia* (Breig., 1711). Hermann était en correspondance avec Rivinus, à qui il envoya sans doute l'échantillon conservé dans le musée de Dresde (3).

(1) Arago, *Œuv.*, t. IV, p. 114, et *Notice*, p. 325.
(2) *Einiger aus dem alterthume über die Blitzröhren.* Gilb., *Ann.* LXXII, p. 317.
(3) V. Ludwig, *de terris*, p. 82, n° 4.

A la fin du même siècle, vers 1794, puis en 1801, M. Hentzen trouva des fulgurites en Westphalie, dans la lande de Paderborn (Prusse), vulgairement appelée la *Senne;* il en indiqua les principaux caractères dans une lettre à Voigt, datée d'Osterholz, comté de Lippe, le 20 juin 1805 (1).

Hentzen donna à ces tubes le nom de Blitzröhren, et ne doute pas de leur origine fulminique. « Dies alles zusammen » genommen lässt mich keinen Augenblick mehr zweifeln, » dass ihre Enstehung nicht vom Blitze herrühren sollte. »

En 1804, M. Bruckmann, de Brunswick, reçut de Driburg une pierre qu'on avait trouvée dans *la Senne*, et qu'on croyait aussi le produit de la foudre (2).

En 1816, M. Fielder fit de nombreuses recherches dans la *Senne* et publia ses résultats (3). Il fit de nouvelles et fructueuses recherches dans les deux années suivantes.

De nouvelles fulgurites furent trouvées en 1823-25 par MM. Brandes et Echterling près de Paderborn, dans l'île d'Amrum en Schleswig, près de Halle sur la Saale, à Pillau près de Kœnigsberg, à Drigg dans le Cumberland, à Aylesford dans le comté de Kent.

Enfin, hors d'Europe, on en a trouvé dans les sables de Bahia (Brésil), dans ceux du Sahara.

Jusqu'à présent on n'en a signalé qu'un exemple en France, encore la vitrification est-elle fort imparfaite.

Tubes fulminaires. — Les fulgurites affectent le plus souvent la forme de *tubes;* jusqu'à présent on n'en a trouvé que dans le sable. Quand une couche plus ou moins épaisse de gazon ou de terre végétale recouvre le sable, ce n'est qu'immédiatement à partir du sable que l'on voit paraître la fulgurite. Celles de Rauschen, de New-York, d'Aylesford ne se sont montrées que 12 à 18 pouces au-dessous du sol. Dans la Senne, le sable est à nu; on les trouve au fond des grandes fosses creusées par la violence des vents; ces fosses ont de 50 à 200 pas de circonférence sur 12 à 15 pieds de profon-

(1) Voigt's *Mag.*, t. X, p. 491.
(2) Voigt's *Mag.*, t. XI, p. 64.
(3) Gilbert's *Ann.*, t. LV, p. 121-164 (1817).

deur. Dans d'autres endroits, le sable se trouve élevé en petits monticules par l'action des vents, et c'est sur les sommets comme aussi sur les pentes qu'on trouve quelquefois des fulgurites, en général du côté d'où viennent les orages.

Quand le vent détruit plus ou moins ces monticules de sable qui atteignent dans la Senne jusqu'à 80 pieds, il brise les fulgurites, et en disperse les fragments; mais dans quelques cas, il les laisse intactes, saillantes hors du sable et par conséquent très-faciles à trouver. On en a vu plusieurs mises à nu les unes à côté des autres, et ce fait a été observé à Drigg et à Münster.

Les fouilles sont souvent difficiles, même dangereuses, à cause de la profondeur à laquelle il faut atteindre, à cause de la mobilité du sable, et de l'eau que l'on peut rencontrer à une assez faible distance du sol.

Direction. Longueur. — Les tubes fulminaires sont généralement *verticaux* ou presque verticaux, quelquefois ils *sont obliques*, ou en partie verticaux et en partie obliques. Ils sont sinueux, tortueux, ou presque en zigzag quand ils rencontrent des cailloux d'un certain volume.

A Drigg, à Münster, on a observé des fulgurites placées les unes près des autres qui affectaient la même direction, due sans doute à ce qu'elles étaient produites par le même coup de foudre.

Sur 9 tubes mis à nu jusqu'à leur extrémité, on a trouvé la longueur de :

6	pouces	La Senne.
2	pieds environ.	Rauschen.
4	—	Laukendorf.
10	—	La Senne.
15	—	Münster.
16	—	La Senne.
18	—	Dresde.
22	—	Dresde.

Un tube fulminaire de Drigg, après un premier trajet presque vertical de 29 pieds, se déviait sur un caillou, reprenait sa première direction, et se prolongeait dans l'étendue de plus de 8 pieds : on ne put atteindre sa terminaison.

Le tube fulminaire de New-York commençait à 12 à 18 pouces au-dessous du sol, pénétrait verticalement sur une longueur de 45 pieds, puis il formait un coude, devenait oblique, et se perdait probablement dans une nappe d'eau que la fouille verticale découvrit 5 pieds plus bas.

Cette fusion du quartz sur une longueur de 45 pieds atteste combien est puissant le rayon fulminique.

Forme. — Le plus souvent les tubes fulminaires sont irrégulièrement cylindriques, tantôt dilatés, tantôt rétrécis, tantôt aplatis, presque toujours tortueux. L'inégale grosseur du sable, l'humidité inégalement répartie dans sa masse, agissent sur le courant pour modifier sa direction et la forme du tube : les cailloux répartis dans le sable donnent lieu à des changements de direction. On observe quelquefois des boursouflures latérales nombreuses, sans que l'on puisse les expliquer bien nettement.

Diamètre extérieur. Épaisseur des parois. — Le diamètre extérieur de l'extrémité supérieure varie entre quelques lignes et 2 pouces et demi environ : le tube de Drigg atteignait cette dernière dimension.

Quand les fulgurites ont été comprimées pendant leur formation, le plus grand diamètre atteint 3 pouces et même davantage, mais il en résulte un véritable aplatissement.

Un tube de la Senne, déterré sur toute sa longueur (9 pieds) par M. Hentzen, avait un égal diamètre dans toute son étendue ; dans quelques cas, le diamètre est allé croissant sans cesse jusqu'à l'extrémité inférieure.

Les parois sont ordinairement fort minces, un demi-millimètre, par exemple ; mais dans d'autres cas, elles ont une épaisseur de 1 pouce.

La cavité est généralement d'autant plus petite que les parois sont plus épaisses. A Münster, on a trouvé des tubes minces et larges à leur partie supérieure, devenant épais et presque oblitérés à leur partie inférieure.

Cavité. — La cavité des tubes fulminaires cylindroïdes est généralement cylindroïde, mais elle subit l'influence des modifications extérieures, et devient plus ou moins allongée quand les tubes s'aplatissent. Il n'est pas rare pourtant de

trouver une cavité cylindrique dans une fulgurite aplatie extérieurement, tantôt centrale, tantôt excentrique.

Le diamètre du canal est très-variable, même sur une seule fulgurite ; l'orifice supérieur varie d'un demi à 15 millimètres.

Quelques fulgurites se terminent brusquement au niveau d'une nappe d'eau dans une couche de terre glaise ou de sable.

Fentes. — Les fulgurites offrent ordinairement un plus ou moins grand nombre de fentes transversales qui les divisent en un égal nombre de tronçons d'une longueur de 1 à 13 centimètres environ. M. Fielder a compté 337 fragments dans celle de Dresde.

Couleur. — La couleur des fulgurites dépend de la nature des couches sablonneuses dans lesquelles elles ont été formées ; où le sable est ferrugineux, la fulgurite prend une couleur jaunâtre, tandis qu'elle est presque incolore ou blanche quand le sable est d'une grande pureté. Quelquefois on en trouve d'un blanc de neige, d'autres sont légèrement grisâtres avec des taches olivâtres (à Drigg), enfin on en rencontre de tout à fait transparentes.

On trouve des fulgurites brunes, portant des points noirs que l'on peut regarder comme de l'oxyde de fer dans certains cas, et comme du charbon dans d'autres.

La surface interne des fulgurites est lisse comme du verre, c'est du cristal de roche fondu et par conséquent une substance qui raie le verre ; elle offre quelquefois des bulles qui ont plus d'éclat, plus de transparence que la masse, et diminuent la pesanteur spécifique de la substance.

La surface externe des fulgurites est graveleuse, raboteuse, hérissée de saillies auguleuses et irrégulières, comme la surface rugueuse de certains arbres (orme, frêne, érable...), elle est formée par du sable qui adhère seulement à la masse fondue.

Entre ces deux couches, se trouve la couche moyenne, de beaucoup la plus épaisse, moins transparente que la couche interne ; elle provient de la fusion incomplète, de l'agglutination des grains de sable que le courant fulminique a atteints.

Le passage entre ces trois couches est insensible, graduel, comme si l'action du courant fulminique avait été régulièrement décroissante du centre à la circonférence.

Division. — Nous avons déjà signalé la division des fulgurites en branches, et leurs subdivisions successives, tantôt verticales, tantôt obliques, plus rarement horizontales.

On a vu une branche transversale se porter ensuite verticalement en bas, et dans d'autres cas directement en haut, mais alors elles sont très-courtes. Cette disposition a été observée sur les fulgurites de Dresde, de Münster, de la Senne. Les branches naissent généralement par génération alterne, fort rarement par génération opposée, c'est-à-dire qu'elles ne naissent pas ordinairement deux au même point.

Sur des fulgurites de la Senne, on a observé des branches qui, après un trajet plus ou moins long, allaient rejoindre d'autres branches.

Fulgurites pleines (allongées ou sphéroïdes). Fulgurites en feuillets. — Il nous reste à examiner *les fulgurites dépourvues de canal* et *les fulgurites en feuillets.*

Les fulgurites *solides* et *allongées* ne paraissent être que des fulgurites tubaires dont la masse en fusion a été si considérable qu'elle n'a pas laissé persister le canal qui sans doute existait au moment de sa formation. On les trouve sous la forme de corps plus ou moins longs, couverts de rugosités, d'anfractuosités irrégulières et se divisant quelquefois en branches courtes et épaisses. M. Hentzen en a rencontré dans la Senne. Il arrive même, comme à Drigg, qu'un tube fulminaire devient un cylindre complétement plein sur une partie de sa longueur.

Les fulgurites sphéroïdales ne doivent pas être confondues avec des cailloux partiellement vitrifiés, tels que ceux que l'on trouve dans la vallée de Dibla, où ils sont employés par les habitants en guise de balles de fusil (1).

Ce sont des masses irrégulièrement sphéroïdes ou ovoïdes, ressemblant à l'opale ou à l'émail, d'autres fois à la pierre ponce.

(1) Voir *Fulgurites du Sahara*, p. 474.

Enfin, nous devons signaler une dernière espèce de fulgurite, c'est la variété dite *en feuillets*, trouvée à Rome (État de New-York). Rappelons que sur le côté du tube fulminaire, on rencontra, à 18 pouces environ de profondeur, plusieurs couches minces de sable vitrifié. Elles étaient onduleuses, fortement inclinées à l'horizon, séparées par des intervalles de 1 à 4 pouces remplis de sable mobile. Ce sable s'étant éboulé, laissa en place lesdites couches semblables aux feuillets d'un livre ouvert.

Nature des fulgurites. Mécanisme de leur formation. — On regarda primitivement les fulgurites comme des stalactites résultant de l'incrustation de racines disparues depuis longtemps; d'autres les considéraient comme des fossiles de la classe des vers, mais il est bien démontré aujourd'hui qu'elles proviennent de la fusion du sable quartzeux par la foudre.

Il est établi depuis longtemps que la foudre peut fondre en quantité notable la brique, la terre glaise et le ciment qui entrent dans la construction des maisons, et qu'elle vitrifie aussi le sommet des hautes montagnes.

Le sable chauffé à une très-haute température, dans la lampe à gaz, par exemple, peut se ramollir et s'agglutiner. Le chalumeau à gaz oxy-hydrogène permet de filer la silice pure. Une simple chaleur rouge modifie la couleur jaune du sable, la rend rouge et donne au sable la couleur de certaines fulgurites; il faut noter d'ailleurs que cet oxyde de fer aide à la fusion en donnant lieu à du silicate de fer. On peut enlever une partie du fer au sable au moyen des acides, d'autant plus complétement que l'on opère à une plus haute température, et constater la présence du fer dans la liqueur.

La fusion est encore plus facile quand à l'élément quartzeux se joint une certaine quantité de calcaire qui donne du silicate de chaux beaucoup plus fusible.

D'ailleurs, non-seulement des expériences chimiques ont démontré la nature des fulgurites, mais on a pu, à l'aide de l'étincelle des machines, produire des tubes comparables aux

tubes fulminaires. Beudant, Hachette et Savart (1) ont fait passer une forte décharge de batterie électrique à travers de la poussière de verre pilé tassée dans un trou pratiqué dans une brique, et ont obtenu des tubes comparables aux fulgurites naturelles.

En opérant sur *du verre pilé*, ils ont donné lieu à la formation d'un tube de 25 millimètres de longueur, d'un diamètre extérieur irrégulièrement décroissant de 3 millimètres à 1 1/2, et dont le canal intérieur avait un demi-millimètre de diamètre.

En opérant sur *du verre pilé mêlé à une petite quantité de chlorure de sodium*, ils ont obtenu un tube de 30 millimètres de longueur assez régulier tant à l'intérieur qu'à l'extérieur : le diamètre moyen extérieur était de 4 millimètres et demi et le diamètre intérieur de 2 millimètres.

Les expériences tentées à l'aide du quartz pilé et du feldspath n'ont pas réussi, sans doute à cause de l'insuffisance de la batterie.

Enfin, on a des preuves directes de la formation des fulgurites, car la nature a été surprise sur le fait.

En 1789, la foudre tua, à Aylesford, un homme réfugié sous un arbre. Plus tard, au fond du trou que le météore avait creusé, on trouva plusieurs masses vitrifiées, que M. Withering put examiner.

En 1821, au rapport de M. Héricart de Thury, un bouquet de sapins fut foudroyé sur le sommet de la montagne de Saint-Martin-de-Thury : le sol présenta des sillons bien certainement creusés par l'étincelle et aboutissant à un entonnoir. Au fond de cet entonnoir on découvrit un culot de verre noir bouillonneux.

En 1822, la foudre tomba dans l'île d'Amrum sur un endroit sablonneux; quelques matelots accoururent, creusèrent aussitôt, et mirent à découvert un tube fulminaire qu'ils remirent au professeur Pfaff.

En 1823, un bouleau est frappé non loin du village de Rauschen ; les habitants accourent et voient au pied de l'ar-

(1) *Ann. de ch. et de phys.*, t. XXXVII, p. 320 (1828).

bre deux trous étroits et profonds. Le professeur Hagen les explore aussitôt et trouve une fulgurite dans l'un d'eux.

En 1825, un champ de blé est foudroyé près de Paderborn (Prusse); plusieurs sillons, sur le trajet desquels le blé est détruit, semblent partir de trois trous ; dans deux de ces trous, MM. Brandes et Echterling trouvent des fulgurites ; dans le troisième, ils ne voient que des grains de sable irrégulièrement soudés entre eux.

En 1841, un terrible coup de foudre atteint, près de Dresde, une colline recouverte de vigne ; M. Fiedler arrive bientôt sur les lieux, fait creuser et déterre un tube fulminaire.

Les faits que nous venons de citer donnent une grande valeur aux deux suivants que M. Fiedler n'a cependant rapportés que sur de simples ouï-dire :

Un pharmacien de la colonie de Frederichsdorf s'étant transporté sur la place où deux hommes venaient d'être foudroyés, aurait découvert dans le sol deux tubes semblables aux fulgurites de la Senne.

Sur les confins de la Hollande, dans une contrée sablonneuse, un berger trouva, dans le point même où il venait de voir tomber la foudre, le sable fondu et moulé en forme de tube.

Nous devons faire remarquer ici que le tube fulminaire n'est pas toujours constitué par de la silice pure ; à Drigg, le sable consiste en grains quartzeux mêlés à quelques parcelles de porphyre, qui, malgré leur très-petite portion, peuvent agir comme fondant.

Le sable recueilli par M. Fiedler à Loschwity, près de Dresde, Cordier y a reconnu quelques parcelles de mica, et Berthier, qui en a fait l'analyse, a trouvé :

Oxyde de fer.....	0,0075
Alumine.....	0,0400
Carbonate de chaux.....	0,0025
	0,0500

Ce n'est donc pas de la silice pure, et par conséquent c'est une matière beaucoup plus facile à vitrifier.

La forme tubaire pourrait peut-être s'expliquer par un refoulement que la foudre exerce sur les matières peu conductrices qu'elle rencontre, mais cette explication est insuffisante.

Fulgurites d'Allemagne. — *Observation I.* — Fulgurite que M. Fielder découvrit en 1816 dans la Senne.

Faute d'instruments nécessaires, la fouille ne put dépasser quatre pieds de profondeur. Le tube était vertical avec diverses courbures. A son orifice supérieur, il avait une demi-ligne dans son plus petit diamètre. Le tronc était un peu aplati, et d'espace en espace le canal se rétrécissait et même s'oblitérait complétement. A l'extrémité supérieure, une branche était dirigée obliquement en bas, et un pied au-dessous on voyait une autre branche d'un quart de pouce de longueur; l'extrémité de ces deux branches était fermée par des grains de sable légèrement fondus et dont la chute, au premier attouchement, laissa voir l'intérieur de la cavité. Signalons encore, trois pouces plus bas, une boursouflure latérale dont la paroi supérieure, très-mince, se brisa et laissa en haut une petite ouverture. Enfin, un pouce et demi plus bas, partait une branche qui, après un trajet de quelques lignes, rejoignait le tronc.

La paroi interne de cette fulgurite consistait en un verre gris blanc, rempli de bulles allongées; extérieurement elle était d'un gris blanc tirant sur le jaune. Le sable qui l'entourait était coloré en rouge jaunâtre dans l'épaisseur d'une ligne environ ; cette même coloration se retrouvait à l'extrémité de la branche latérale (1).

Observation II. — Le tube fulminaire découvert, en 1823, dans la Senne, par MM. Brandes et Echterling (2) avait 16 pieds de longueur; son diamètre en haut était d'un pouce et demi. A 5 pieds environ au-dessous de la surface du sol, il se divisait en deux fortes branches; l'une, transversale et presque à angle droit, devenait ensuite presque verticale;

(1) Gilbert's *Ann.*, t. LV, p. 121 (1817).
(2) Kastner's *Arch.*, t. IX, p. 303.

l'autre, perpendiculaire, semblait la continuation du tronc. Les parois du tube, minces en haut, s'épaississaient graduellement en descendant. La cavité diminuait proportionnellement, en sorte que son extrémité présentait à peine une ouverture. Les circonstances suivantes méritent une mention particulière : 1° Plusieurs rameaux s'y réunissaient de nouveau; ou bien deux rameaux, après avoir couru l'un à côté de l'autre, se confondaient bientôt en un seul. 2° Sur la longueur de la fulgurite existaient des tubérosités ou boursouflures multiples et plus volumineuses que celles observées jusqu'alors, quelques-unes avaient le volume d'un œuf de poule.

Observation III. — MM. Brandes et Echterling rapportent que, le 29 avril 1825, un violent orage fondit sur un champ de blé de la Senne. L'effet du météore fut double, l'un superficiel, l'autre profond.

Trois trous de quelques pouces de diamètre se voyaient sur l'une des trois bandes du champ. De ces trous partaient des sillons d'autant plus faciles à reconnaître que le blé avait été détruit sur leur trajet; ils étaient tortueux, larges d'un pied en quelques places, et allaient en se rétrécissant à mesure qu'ils s'éloignaient des trous. Deux de ces sillons étaient parallèles entre eux et coupaient à angle droit les trois bandes du champ. Ils ne présentaient d'ailleurs aucune trace de fusion.

Quant à l'effet souterrain, le plus grand des trois trous n'offrait rien de remarquable dans la mince couche d'humus qui recouvrait le sable ; mais arrivé à celui-ci, on y trouva le commencement d'une fulgurite mince d'abord et qui s'épaississait dans la couche plus profonde de sable compacte et jaunâtre; on la suivit jusqu'à la profondeur de 10 pieds. Elle était rugueuse à sa surface extérieure et présentait, en particulier, une branche qui, après s'être séparée du tronc, la rejoignait plus bas en décrivant une courbe presque demi-circulaire. Dans le deuxième trou, on ne trouva qu'une fulgurite d'un demi-pied de long. Enfin, dans le troisième trou, on ne vit plus que des grains de sable soudés entre eux, mais sans disposition tubulaire.

Fulgurite des environs de Dresde. — *Observation IV.* — Au printemps de 1821, M. Fiedler (1) recueillit plusieurs fulgurites dans la contrée sablonneuse voisine de Dresde. La fulgurite suivante fut découverte par le même savant en 1822, sur une butte de sable. Son inclinaison à l'horizon était de 87° dans une longueur de 5 aunes (l'aune $=0^m,565$); plus profondément, elle serpentait sous un angle de 65° et ses branches principales affectaient presque toutes la même direction. Elle avait en haut 3/8 de pouce de diamètre et se terminait mince comme une plume de corbeau. Sa longueur totale était de 8 aunes 5 pouces 3/4, et en ayant égard aux courbures, de 10 aunes 16 pouces 3/4. — Elle était divisée par des fentes presque transversales en nombreux fragments longs de 1/4 de pouce à quelques pouces.

M. Fiedler en compta 337; ce nombre s'élevait à 400 en y comprenant les fragments des branches principales. Une branche fut perdue dans un éboulement. A 6 aunes 2 pouces du sol partait une branche de 12 pouces 1/2 de longueur, à peine de la grosseur d'une plume d'oie, courbée d'abord en haut, puis se continuant sur une ligne horizontale. A 14 pouces plus bas se voyaient plusieurs protubérances ou nœuds de formes diverses. Un pouce 1/2 plus bas, naissaient deux courts rameaux en face l'un de l'autre, disposition que l'auteur n'avait pas jusqu'alors rencontrée dans les fulgurites de la Senne. — Vingt pouces au-dessous apparaissait une bosselure noueuse de forme singulière, à deux pointes. Il est à remarquer qu'après chaque nœud, le tube devenait plus régulièrement cylindrique dans la longueur de 3/8 à 3/4 de pouce. Un peu plus bas on voyait un court rameau pointu dirigé en haut. Enfin, très-près de la terminaison du tube existaient deux petites pointes s'en séparant à angle droit et formant ainsi avec lui une croix qui rappelait les aigrettes de la machine électrique. L'extérieur du tube était raboteux et entouré d'une couche de sable rougeâtre.

Fulgurite de Loschwity, près de Dresde. — *Observation V.* — Le 13 juin 1841, à 5 heures après midi,

(1) Gilbert's *Ann.*, t. LXXI, p. 301 (1822).

un orage qui remontait contre le cours de l'Elbe, passait sur les collines de sable recouvertes de vignes qui existent sur la rive droite du fleuve près du village de Loschwity, à 1 lieue de Dresde, lorsqu'un coup de foudre terrible frappa à 50 pas du haut de la colline, assez près du pavillon qu'avait occupé Schiller. On accourut de toutes parts dans la persuasion que le pavillon avait été foudroyé : on reconnut qu'il n'en était rien. Un échalas fendu indiqua le lieu où le météore était tombé. M. Fielder, averti de ce fait par le propriétaire de la vigne, remarqua d'abord que l'échalas foudroyé était tout voisin d'un prunier assez élevé qu'on aurait dû s'attendre à voir frapper de préférence, puisqu'il n'était qu'à 50 centimètres plus loin. En suivant la trace, sous la forme d'un trou, au pied de l'échalas, on vit que la fulgurite s'enfonçait sous une inclinaison de 66°; elle rencontrait quelques petites racines de prunier qu'elle avait enveloppées dans sa masse en fusion, mais elle n'avait pas suivi la direction de ces racines, quoiqu'elles fussent plus humides que le sable environnant et que leur direction s'éloignât fort peu de celle de l'étincelle électrique. Ces racines étaient seulement noircies dans la partie embrassée par le tube et dans les portions immédiatement contiguës; la chaleur, quoique énorme, ayant été trop passagère pour carboniser complétement le bois.

A 1 mètre de sa partie supérieure, le tube fulminaire se divisait en trois branches, longues chacune de 65 centimètres environ, qui se perdaient dans une couche très-humide de sable argileux et ferrugineux. Cette fulgurite, lisse à l'intérieur, rugueuse à l'extérieur, fut mise sous les yeux de l'Académie des sciences de Paris (1).

Fulgurite de Laukendorf (Hongrie). — *Observation VI.* — La fulgurite de Laukendorf, près de Malaczka, dans le royaume de Hongrie, fut découverte en 1823 par M. Fielder dans la partie la plus élevée d'une butte sablonneuse en pente douce. Elle avait, vers le haut, un 1/2 pouce

(1) *Comptes rendus*, t. XVII, p. 216 et 598; — *l'Institut*, t. XI, p. 254.

de diamètre : son inclinaison sur l'horizon était d'abord de 80°, puis elle devenait verticale. Sa longueur était d'au moins deux aunes de Leipzig (1m,13), car on trouva près de là deux autres fragments qui semblaient lui appartenir. A 6 pouces de distance de l'extrémité supérieure existait un rameau latéral long de 4 pouces 1/2. 32 pouces plus bas, le tronc se partageait en deux branches qui traversaient une couche mince de cailloux de la grosseur d'un œuf de pigeon et se terminaient sur la face supérieure d'une couche de terre glaise. L'une d'elles, de 7 pouces 1/2 de long, se terminait par une petite protubérance creuse, dont les parois, composées de grains de quartz soudés, étaient ouvertes en plusieurs points. Au-dessous de ces ouvertures toute fusion cessait, mais de petites stries rougeâtres, semblables à un faisceau de racines, pénétraient à environ 8 pouces dans la terre glaise. Ajoutons que cette terre devenait rouge par l'action du feu ordinaire. La seconde branche, de 9 pouces de long, en raison de l'inclinaison de la couche de terre glaise, avait, avant d'atteindre celle-ci, rencontré sur son chemin un caillou de quartz d'un pouce de diamètre : elle s'était déviée, puis continuée sur un de ses côtés et enfin soudée avec lui. Au delà elle se terminait comme la première. A l'angle interne des deux divisions se trouvait un caillou intact, et qui ne semble pas conséquemment la cause de cette bifurcation.

En plusieurs endroits les parois du tube étaient soudées ; on ne voyait plus alors en ces points qu'un centre solide, d'où partaient en rayonnant quelques bulles allongées. D'ailleurs les caractères généraux de ces tubes étaient ceux de la Senne. La plus grande longueur était de 2 aunes 9 pouces.

Fulgurites de Münster. — *Observation VII.* — La description suivante des fulgurites trouvées dans le grand évêché de Münster est due à M. Van Converden (1).

L'une d'elles était implantée dans le côté sud d'une butte de sable de 15 à 16 pieds de hauteur, et serpentait oblique-

(1) Gilbert's *Ann.*, t. LV, p. 142 et t. LXI, p. 237.

ment vers le nord sous un angle de 60° environ. L'eau, que l'on rencontra à 13 pieds de profondeur, empêcha de la suivre plus loin, mais son décroissement graduel fait supposer une longueur totale de 20 à 30 pieds. A 1 pied de la surface du sol elle se divisait en deux branches principales sous un angle de 25° environ.

La branche ouest offrait des courbures nombreuses et irrégulières ; dans une partie de son trajet, elle se dirigeait transversalement sur le côté, puis elle descendait perpendiculairement sur une longueur de 9 pouces, redevenait transversale et reprenait la direction générale après avoir formé ainsi trois angles droits, circonstance assez rare. Elle émettait d'ailleurs plusieurs rameaux dirigés obliquement en bas : l'un d'eux avait 6 pouces de longueur.

La branche est, un peu plus forte que la précédente, présentait aussi plusieurs rameaux : l'un d'eux, long de 1 pied 1/2, descendait presque perpendiculairement. L'orifice supérieur du tube était étoilé. Ses parois, minces en haut, devenaient, à 1 pied de profondeur, graduellement plus épaisses et plus vésiculeuses et s'aplatissaient d'une manière remarquable. La cavité du tube se resserrait en proportion, de telle sorte qu'à 4 pieds de profondeur, la branche ouest était presque entièrement oblitérée dans la longueur d'un demi-pied. Plus bas cependant, les parois s'amincissaient de nouveau et le canal redevenait plus régulièrement cylindrique.

A 150 pas de l'endroit où se trouvait cette fulgurite, au pied de cette même butte de sable, M Van Converden découvrit plus tard trois autres tubes fulminaires, groupés dans un espace de quelques pas, tous inclinés suivant la même direction, et provenant probablement d'un même coup de foudre.

Le plus fort des trois s'enfonçait vers le nord sous un angle de 80° environ. Son tronc se séparait également en deux branches sous un angle de 20° ; on put les découvrir jusqu'à leurs extrémités. Sa longueur dépassait un peu 15 pieds : il se terminait en pointe du volume d'une plume de corbeau.

Chaque branche offrait plusieurs rameaux : l'un d'eux avait

1 pied et demi de long. Il faut noter que plusieurs rameaux se dirigeaient en haut vers la surface du sol, mais ils étaient beaucoup plus courts que les rameaux descendants. L'orifice supérieur et la cavité du tube étaient semblables aux précédents. Les branches, irrégulièrement cylindriques, s'aplatissaient et s'élargissaient d'espace en espace jusqu'à leur terminaison. Elles étaient, comme le tronc, revêtues d'une couche de sable rougeâtre d'un quart de pouce d'épaisseur, et cette même coloration se prolongeait de quelques pouces au-dessous de leur extrémité, pour disparaître graduellement.

Ces fulgurites étaient divisées en nombreux fragments faciles à ajuster bout à bout et qui ne dépassaient pas quelques pouces de longueur. Les fentes transversales étaient remplies d'oxyde rouge de fer déposé sans doute par l'infiltration de l'eau de pluie.

Fulgurite de Rauschen. — *Observation VIII.* — Le 17 juillet 1823, la foudre tomba sur un bouleau, près du village de Rauschen, province de Samlande, le long de la mer Baltique, et mit en même temps le feu à un buisson de genièvre. Les habitants, étant accourus, virent auprès de l'arbre deux trous étroits et profonds. L'un d'eux, malgré la pluie, leur parut au toucher à une température élevée. M. le professeur Hagen de Kœnigsberg, qui était arrivé l'avant-veille dans le village, fit creuser avec soin tout autour de ces trous. Le premier, celui qui fut trouvé chaud, n'offrit rien de particulier ; le second, jusqu'à la profondeur d'un demi-mètre, ne présenta non plus rien de remarquable ; mais un peu plus bas, commençait un tube vitrifié dont voici les caractères. Sa longueur était de 21 pouces du Rhin ; elle était sans doute plus considérable encore, car on ne put retirer du sable plusieurs petits fragments. Il était aplati et couvert de rugosités et sans aucune branche sur sa longueur ; il ne se divisait que près de son extrémité, vers le point où il atteignait la terre glaise. On ne voyait plus à ce point que des grains de sable soudés sous forme de filaments, mais non plus sous celle de tube. Ses parois, plus minces que celles de toutes les fulgurites de la Senne, avaient à peine

l'épaisseur du papier à lettre; elles étaient demi-transparentes et tellement fragiles, qu'on ne put retirer le tube que par fragments de 4 à 5 centimètres de long. Sur la surface extérieure se trouvaient de petits points noirs que M. Hagen prit d'abord pour de l'oxyde de fer, mais qui n'étaient sans doute que des molécules de charbon, car les acides ne les attaquaient pas et ils disparaissaient à la lampe d'émailleur. La très-petite quantité (1/8 de grain) de cette substance ne permit pas des recherches plus exactes.

Fulgurite de Nietleben. — *Observation IX.* — Cette fulgurite fut trouvée par M. Keferstein dans la lande de Nietleben, près de Halle, sur la Saale, vers le milieu de la pente S.-E. d'une butte de sable. Elle était un peu aplatie et en plusieurs endroits très-resserrée et même presque oblitérée. La plus grande largeur était d'environ deux lignes et demie et sa plus petite de une ligne et demie; sa paroi intérieure, en verre trouble, avait un quart de ligne d'épaisseur; sa paroi extérieure était fort raboteuse et d'un blanc sale tirant sur le jaune. Cette fulgurite était d'ailleurs analogue à celles de la Senne.

Fulgurite de l'île d'Amrum (Sleswig). — *Observation X.* — En 1822 la foudre tomba dans l'île d'Amrum sur un endroit sablonneux. Quelques matelots accoururent, creusèrent aussitôt et trouvèrent une fulgurite qu'ils remirent au professeur Pfaff (1). Elle avait plus de 3 lignes de diamètre; la matière vitreuse de la partie inférieure du tube, qui d'ailleurs fut cassé dans la fouille, était noire.

Observation XI. — Le 15 juin 1858, entre onze heures et midi, un violent orage éclata sur Oldenbourg. Sur la Hunte, dans le voisinage de Gutes Drilake, quatre ouvriers, à bord d'un bateau dragueur, étaient occupés à creuser le nouveau lit qu'on veut donner à la rivière; tout à coup la foudre frappa le rivage le plus voisin d'eux; il leur sembla qu'au même instant on les frappait violemment à la tête avec une masse molle. Ayant repris leurs sens, ils aperçurent des vapeurs qui se dégageaient sur un point du rivage; ils y

(1) Gilbert's *Ann.*, t. LXXII, p. 111 (1822).

coururent, et dans l'herbe carbonisée, à 7 mètres de l'eau, ils découvrirent deux trous percés l'un à côté de l'autre, et dessinés sur leurs bords par du sable blanc. Ils creusèrent avec soin et trouvèrent dans chaque trou un tube, qu'en raison de son peu de ténacité, ils ne purent arracher que par morceaux, mais qu'ils suivirent jusqu'au terrain marécageux, situé au-dessous du sable. C'étaient deux fulgurites ayant l'aspect ordinaire, de forme ronde, minces comme des feuilles de papier, émaillées très-nettement à l'intérieur, hérissées à l'extérieur de grains de sable; à l'extérieur, on voyait çà et là des taches vertes de fer oxydulé imitant le verre de bouteille. Le sol était formé de 15 centimètres de terre végétale à la surface extérieure, puis venaient 50 centimètres de sable blanc et enfin la tourbière : la fulgurite commençait et finissait aux extrémités supérieure et inférieure de la couche de sable. Ces fulgurites ont été déposées au musée d'Oldenbourg. On peut dire que dans ce cas la nature a été prise sur le fait (1).

Fulgurite d'Angleterre et d'Écosse. Fulgurite d'Aylesford (Kent). — *Observation XII.* — Le docteur Withering rapporte (2) que, le 3 septembre 1789, la foudre tua un homme réfugié sous un arbre du parc d'Aylesford. Le sol, au point où le bâton de ce malheureux aboutissait, était percé d'un trou d'environ 2 pouces 1/2 de diamètre (67 millimètres) et de 5 pouces de profondeur (13 centimètres). Plus tard, lord Aylesford se détermina à faire construire une petite pyramide dans le lieu même de l'événement avec une inscription destinée à détourner les passants de chercher, en temps d'orage, un abri sous les arbres. En creusant pour les fondations, on trouva que le sol, dans la direction du trou, avait été noirci dans la profondeur de 10 pouces (27 centimètres); 2 pouces plus loin (54 millimètres), le terrain quartzeux offrait des traces évidentes de fusion qui se continuaient 18 pouces au delà, dans une direction inclinée.

(1) Wicke, *Cosmos*, t. XV, p. 149 (1859).
(2) *Phil. trans.*, vol. LXXX, p. II, p. 293 (1790), et Gilbert's *Ann.*, t. LV, p. 154, avec figures.

Les échantillons adressés à la Société royale de Londres avec le mémoire du docteur Withering se composaient, 1° d'une pierre quartzeuse dont un des angles avait été complétement fondu; 2° d'un bloc de sable agglutiné par la chaleur, car il n'y avait aucune matière calcaire entre les grains. Dans cette masse existait une partie creuse où la fusion avait été si parfaite que la matière quartzeuse, après avoir coulé tout le long de la cavité, présentait, dans le fond, une forme globuleuse.

Observation XIII. — M. Irton décrit ainsi une autre fulgurite de Drigg :

Elle commençait par un tube assez régulier d'un demi-pouce de diamètre, mais arrivée sur un lit de cailloux de la grosseur des haricots, elle se transformait en une masse solide, sans cavité, de deux pouces et demi de diamètre, et dont la matière vitrée enveloppait les cailloux. Deux ou trois pouces plus bas, la fulgurite reprenait sa forme tubulaire. A trois pieds environ de son sommet, elle passait entre deux cailloux séparés par un intervalle de 3/4 de pouce; dans ce passage, la fulgurite s'était aplatie et rétrécie sans contracter d'adhérences avec ces cailloux, qui présentaient pourtant quelques traces superficielles de fusion.

Plus bas, dans une longueur de 4 à 5 pouces, le tube était singulièrement inégal et tortueux, quoiqu'il traversât du sable mobile. Plus bas encore, il reprenait une forme plus régulière et émettait des branches assez régulières aussi. L'une d'elles avait 1/8 de pouce de diamètre et deux pouces environ de longueur.

A six pieds au-dessus du niveau du sol, le tube fulminaire se divisait en plusieurs branches affectant diverses directions, et le tronc lui-même se terminait sur un caillou de granit, en un tube long de quelques pouces, du diamètre d'1/4 de pouce à son point d'incidence et dévié presque horizontalement, sans adhérer cependant audit caillou (1).

Fulgurites de Drigg. — *Observation XIV.* — E. L. Irton le premier découvrit des fulgurites dans le nord de l'An-

(1) Gilbert's *Ann.*, t. LXXIV, p. 220, avec figures.

gleterre. C'était en 1812 : l'année suivante, il poursuivit ses recherches avec MM. Greenough et Buckland, membres de la Société géologique.

Parmi les collines de sable mouvant situées près de Drigg, en Cumberland, s'en trouvait une de 30 pieds de diamètre à sa base et de 40 pieds au-dessus du niveau de la mer. Ce fut sur cette colline que ces savants découvrirent, dans une surface d'environ quinze aunes anglaises, trois tubes fulminaires sortant perpendiculairement du sable. Après avoir suivi l'un d'eux jusqu'à la profondeur de 29 pieds, on découvrit un lit de pierres qui semblait le prolongement du rivage de la mer. Là, le tube avait rencontré un fragment de porphyre, avait changé de direction et s'était incliné de 45° sur l'horizon. Le tube et le fragment de porphyre étaient soudés l'un à l'autre; toutefois une paroi du tube était remplacée par la surface du caillou, qui en cet endroit était, non pas vitrifié, mais de couleur rouille. Il est vrai que dans deux de ses fentes naturelles, on voyait des lamelles de verre de couleur olive. Au delà du fragment de porphyre, le tube reprenait sa direction verticale, il avait alors un demi-pouce de diamètre et devenait très-fragile.

Un éboulement fit suspendre cette fouille, que l'on reprit plus tard. On reconnut alors que, deux pieds plus bas, le tube parvenu dans une couche de petits cailloux contractait avec eux de fortes adhérences vitreuses. En traversant cette couche, dans l'étendue de 8 pieds, la fulgurite s'était singulièrement contournée et tourmentée, puis elle passait entre deux cailloux sans contracter avec eux aucune adhérence. Plus bas, le tube fulminaire reprenait sa forme tubulaire, puis, dans une longueur de 8 à 9 pouces, ce n'était plus qu'une masse solide sans la plus petite cavité longitudinale : il reprenait enfin sa forme tubulaire.

Le tronc, qui, en certains endroits, s'aplatissait tellement qu'il était entièrement fermé, offrait de distance en distance des branches de 2 à 3 pouces de longueur, terminées en pointe. La paroi avait 1/20 de pouce d'épaisseur.

La portion vitrifiée était d'un blanc grisâtre avec des taches olivâtres. Le sable environnant était rougeâtre. La

surface extérieure offrait des grains de sable noirs et opaques ; elle était si raboteuse qu'on pouvait la comparer à l'écorce de chêne-liége ou à celle de l'orme subéreux.

Des recherches chimiques bien dirigées constatèrent la présence du l'oxyde de fer dans le sable; puis celle des grains de porphyre mélangés au quartz (1).

Fulgurites de France. Fulgurite de Saint-Martin-de-Thury. — *Observation XV.* — Héricart de Thury rapporte que le 2 août 1821, un bouquet de pins fut foudroyé sur le sommet de la montagne de Saint-Martin-de-Thury. Le sable noir de bruyère, qui forme le sol de cette partie de la montagne, était creusé et sillonné en différentes lignes se rendant à un centre commun, qui formait une sorte d'entonnoir de plus de 1 mètre de profondeur. On fouilla, et au fond de cet entonnoir, à quelques décimètres de profondeur dans le sable, on découvrit un culot de verre noir, bouillonneux, mais compacte, présentant à sa surface quelques parties de verre blanc, gris ou jaunâtre, d'un aspect pseudo-métallique. Ce culot, de 7 centimètres de diamètre sur 3 centimètres d'épaisseur, pesait 197 grammes. Des éclats de grès du voisinage étaient légèrement vitrifiés sur les arêtes. Enfin on trouva dans le sable quelques racines et des éclats de bois charbonnés (2).

Fulgurites d'Afrique. — *Observation XVI.* — MM. Denham, Clapperton et Oudney rapportent (3) qu'en allant de Murzuk, à travers les déserts, vers Kouka, capitale du royaume de Bornn, et lorsqu'ils arrivèrent dans la vallée de Dibla, ils trouvèrent dans le sable des tubes creux coralliformes et vitreux, la plupart verticaux, quelques-uns couchés horizontalement, de quelques lignes à 1 pouce 1/2 de circonférence et de 1 pouce à 1 pied de longueur. — Ces voyageurs découvrirent aussi dans la même localité des petits cailloux

(1) Gilbert's *Ann.*, t. LV, p. 144 (1817); — *Extrait dans Ann. de ch. et de phys.*, 2e sér., t. XIX (1822).

(2) *Ann. de la soc. roy. d'agric. et de botan. de Gand*, t. V, p. 352 (1849).

(3) *Narrative of travers and discoveries in Northen and central Africa in the year* 1822-1823-1824, p. 30.

ronds à moitié vitrifiés, employés par les habitants en guise de balles de fusil. M. König, directeur du Muséum britannique, chargé de l'examen de ces fulgurites, a reconnu (1) qu'elles sont plus homogènes et plus pures que celles de Drigg; quelques-unes sont incolores et transparentes, et semblables à des stalactites de carbonate de chaux; d'autres sont gris clair avec des petites taches blanches provenant de grains de sable à moitié fondus. Leur surface est tantôt unie, tantôt garnie de grains de sable incrustés, mats et très-blancs; mais elle n'offre point l'écorce rude des fulgurites de Drigg. Elles sont en général déprimées, sinueuses ou tortueuses, et le brillant de leur face intérieure dépasse celui des fulgurites d'Europe. Les habitants croient que ces corps vitreux se forment après la pluie.

Fulgurites d'Amérique. Fulgurites de Bahia (Brésil). — *Observation XVII.* — On a vu des fulgurites déterrées dans les plaines sablonneuses de Bahia et envoyées à M. le comte de Hoffmannsegg. Elles diffèrent des tubes de Paderborn en cela que ce sont des morceaux vitrifiés, pleins, sans cavité, fourchus et à pans irréguliers. La matière vitreuse, compacte et assez homogène qui les constitue approche de la *hyalite* par sa couleur et sa transparence, et donne un son clair comme celui du verre, lorsqu'on la laisse tomber (Schwägrichen) (2).

Fulgurite de Rome (New-York). — *Observation XVIII.* — M. Ch. E. West, dans une lettre à M. Silliman, datée de New-York, le 21 mars 1843 (3), signale un remarquable phénomène qui avait été observé quelques années auparavant dans la ville de Rome (État de New-York) et sur lequel il avait eu besoin, de réunir plusieurs renseignements.

Une lueur flamboyante fut aperçue, à la nuit, se jouant à la surface d'un banc de sable, haut de 70 à 80 pieds, qui forme l'encaissement est de l'ancien canal appelé *Fish-Creek*.

(1) P. 250 de l'*appendice* à l'ouvrage ci-dessus désigné.
(2) Gilbert's *Ann.*, t. LXI, p. 259 (1819).
(3) *The Americ. Journ. of sc. and. Arts*, v. XLV, p. 220 (1843); — *en abrégé dans l'Institut.*, vol. IX, p. 360.

Cette flamme ayant excité vivement la curiosité, on se mit à creuser le sol. Arrivé à la profondeur de 12 à 18 pouces, on découvrit un tube irrégulier en verre très-grossier, provenant évidemment de la fusion du sable environnant. Les côtés étaient comprimés et très-irréguliers; le plus large diamètre était d'environ 1 pouce; l'intérieur était parfaitement vitrifié, tandis que l'extérieur était grossier et se confondait insensiblement avec le sable voisin. Quand on eut découvert 15 pieds environ de ce tube, on fut obligé d'établir un revêtement en bois pour empêcher l'éboulement du sable. On continua à creuser 30 pieds plus bas; alors on remarqua que le tube qui jusque-là était presque vertical formait tout à coup un coude et s'enfonçait obliquement dans le sable. La crainte d'un éboulement fit renoncer à poursuivre le tube dans sa nouvelle direction; mais on continua à creuser encore 5 pieds verticalement; alors on arriva à l'eau qui se trouvait ainsi à plus de 50 pieds. Le tube, à une certaine profondeur, se divisait en deux branches. — En outre, et c'est ici un phénomène fort intéressant à noter, on trouva à 18 pouces environ au-dessous de la surface du sol plusieurs couches minces de sable durci que la pelle cassait facilement. Elles étaient onduleuses, fortement inclinées et séparées les unes des autres de 1 à 2 pouces et même de 3 à 4 pouces. Le sable mobile de leurs interstices s'étant éboulé en partie, laissa lesdites couches disposées comme les feuillets d'un livre ouvert. Elles étaient vitrifiées, mais non pas aussi complétement que l'intérieur du tube.

La grande longueur du tube (50 pieds environ), la vitrification du sable en feuillets sont ici deux circonstances fort remarquables. Cette double vitrification est, à n'en pas douter, un effet de la foudre; mais à quelle époque s'est-elle produite? Nous l'ignorons, faute de renseignements. Le point où ces divers phénomènes ont été observés était peut-être tout particulièrement prédisposé, par sa position et par quelques modifications du sol, à attirer le fluide électrique; de là le coup foudroyant et plus tard le feu Saint-Elme.

FIN DU PREMIER VOLUME.

— Des causes de la prompte extinction du tonnerre. — Du tonnerre par un ciel serein. — Théorie du tonnerre. Opinions des anciens et des auteurs de notre temps, MM. Becquerel, Pouillet, Arago, Helvig, Coriolis, Gavarret, Monge, de Tessan, Boutan. — Du rôle de l'écho. — Théorie de l'auteur.

CHAPITRE V. — FOUDRE EN GLOBE..... Pag. 414

Observations. — Foudre en globe descendante. — Foudre en globe ascendante. — Foudre en globe se mouvant de haut en bas et de bas en haut à plusieurs reprises. — Foudre en globe entre deux nuages. — Effets divers.— Effets sur les églises, les clochers, les tours, les autres édifices, les maisons, les tentes, les meules de foin, les arbres, les fours à tuiles. — Chute de la foudre en globe sur les paratonnerres. — Chute de la foudre en globe sur un appareil électrico-atmospbérique. — Foudre en globe parcourant les armatures naturelles des bâtiments.

Histoire générale.— Caractères.— Nombre. Forme. Volume. Mouvement propre. Jet de flamme et d'étincelles. — Division. Sifflement. Bruit de torrent. Odeur, vapeur, fumée. Direction. Passage à travers des orifices. Mouvement de translation. Vitesse. Disparition. Bruit d'explosion. Effets généraux sur le sol, les édifices, les maisons, les navires. — Perforations, brûlures. — Effets sur l'homme. — Action des paratonnerres sur la foudro en globe. — Rapport entre la foudre en globe et les orages. — Rapport entre l'apparition du globe, l'éclair, le tonnerre et le foudroiement. — Éclairs à plusieurs branches dont quelques-unes sont terminées en boule. — Foudre globulaire des éruptions volcaniques. — Foudre en globe des tremblements de terre. — Foudre en globe sous la forme de nuage roulant. — De la nature de la foudre en globe.

CHAPITRE VI. — FOUDRE ASCENDANTE..... Pag. 473

Opinions des auteurs. — De la foudre ascendante observée directement. — Des effets de la foudre qui démontrent la direction ascendante.

CHAPITRE VII. — CHOC EN RETOUR..... Pag. 488

Expériences qui démontrent son origine et sa réalité. — Choc en retour avec détonation et sans phénomène lumineux. — Choc en retour avec détonation et lumière.

CHAPITRE VIII. — GLOBES DE FEU. — MÉTÉORES IGNÉS... Pag. 497

DEUXIÈME PARTIE.

EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES CORPS BRUTS.

CHAPITRE Ier. — EFFETS GÉNÉRAUX DE LA FOUDRE..... Pag. 225

Déplacement. — Transport par action directe de la foudre. — Du rôle

du soufre dans les transports opérés par la foudre. — Déplacement des corps non touchés par la foudre. — Déplacement par action à distance de la nuée orageuse. — Incision. — Section. Perforation. Colorification. Conductibilité. Apparences lumineuses sur les individus. Apparences lumineuses sur le sol et sur les édifices. — Fumée. Vapeur.

CHAPITRE II. — EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES OBJETS MÉTALLIQUES ET RECIPROQUEMENT..... Pag. 240

Arrachement. — Ondulations. — Torsion. — Raccourcissement des fils. — Fractures avec ou sans fusion. — Pulvérisation. — Section. — Incision. — Perforation. — Transport des métaux. — Soudure. — Incrustation. — Vaporisation. — Effets lumineux et acoustiques. — Incandescence. — Aimantation. — Attraction entre deux métaux en contact. — Coloration. — Altérations chimiques. — Ablation de la rouille. — Ramollissement. Commencement de fusion. Fusion. 1° Degré de fusibilité des métaux. 2° Des plus grandes épaisseurs de masses métalliques que la foudre ait fondues. 3° Épaisseurs qui résistent à la fusion. 4° Métaux fondus sans altération des matières qui les touchent. — Attraction de la foudre par les métaux. — Conductibilité de la foudre par les métaux. — Effets de la foudre sur les cloches, les horloges, les pendules. — Effets produits sur les glaces, les miroirs, les dorures. — Fils métalliques des sonnettes.

CHAPITRE III. — EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES ÉDIFICES ET SUR LES MAISONS..... Pag. 291

Murs percés. — Pierres brisées, pulvérisées. — Tuiles, ardoises. — Pierres, moellons lancés au loin. — Plâtre et mortier enlevés et projetés. — Murs sillonnés. Impressions colorées sur les murs. — Murs fendus. — Murs creusés. — Portion d'édifice coupée transversalement. — Murs déplacés. — Cheminées. — Poêles. — Charpente. — Fenêtres. Vitres. Encadrements de plomb. Châssis. — Lattes des cloisons. — Foudre pénétrant dans les caves, dans les catacombes, dans les mines. — Amas de bitume, de charbon de terre. — Magasins à laines. — Écuries. — Tendance de la foudre à frapper les granges. — Moulins à vent. — Orgues. — Baromètres. — Galvanomètres. — Foudre suivant le même trajet à plusieurs années d'intervalle. — Foudre pénétrant par les ferrures des poteaux. — Conduction intérieure par les objets métalliques. — Trajet multiple.

CHAPITRE IV. — EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES NAVIRES. Pag. 327

Effets de la foudre sur les mâts. Mâts brisés, coupés en tronçons, fendus, clivés, sillonnés, perforés, soulevés. Altération au centre des mâts. — Lésions des vergues. — Lésions des voiles. — Répartition des coups de foudre sur les différents mâts. — Lésions sur le pont, dans l'intérieur du navire. — Incendies, navires détruits par l'incendie. — Explosion des magasins à poudre. — Ébranlement des navires. — Navires

fendus en deux. — Navires disparus. — Effets de la foudre sur les objets métalliques à bord des navires. Chronomètres. Boussoles. — Voies de sortie de la foudre. — Foudre en globe à bord des navires. Bruit de l'explosion. — Phénomènes lumineux. — Odeur et vapeur répandues dans les bâtiments foudroyés. — Répartition des coups foudroyants suivant les latitudes. — Navires foudroyés plusieurs fois pendant un même orage; à quelques années de distance. — Coups de foudre remarquables par le nombre des tués et des blessés. — Lieux où les hommes sont le plus fréquemment atteints.

CHAPITRE V. — EFFETS DE LA FOUDRE SUR LA POUDRE.. Pag. 378

Effets de la foudre sur les magasins à poudre. — Chute de la foudre sur les magasins à poudre avec explosion, sans explosion. — Effets produits sur les petites quantités de poudre.

CHAPITRE VI. — EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES TÉLÉGRAPHES ÉLECTRIQUES ET SUR LES CHEMINS DE FER..... Pag. 386

Électricité non orageuse. Électricité orageuse. — De l'influence de l'électricité en mouvement sur l'électricité naturelle du conducteur. — Effets produits par la foudre sur les fils télégraphiques aériens et souterrains. — Effets produits aux stations, sur les appareils, sur les poteaux. — Accidents observés sur l'homme et sur les animaux.--Effets de la foudre sur les chemins de fer, rails, aiguilles, wagons, machines, voyageurs.

CHAPITRE VII. — INCENDIES REMARQUABLES..... Pag. 406

Observations d'incendies remarquables. — Extinction des feux et des lumières.

TROISIÈME PARTIE.

EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES VÉGÉTAUX ET SUR LE SOL.

CHAPITRE Ier. — EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES VÉGÉTAUX. Pag. 415

Arbres. De la fréquence du foudroiement des arbres. — Des lésions considérées dans leurs rapports avec la direction de la foudre. — Des lésions légères. Excoriations. Écorce criblée. Décortication. Sillons. — Des lésions graves. Arbres fendus. Arbres roulés. Arbres forés. Arbres coupés transversalement. Arbres tordus. Effets de combustion. — Odeur des fragments. — Dégâts énormes produits par la foudre sur les arbres. — *Feuilles.* Lésions diverses. — Des effets bienfaisants de la foudre sur les végétaux. — Effets de transport. — *Racines.* Effets sur la vitalité des arbres. — *Herbes.* — Cercles des fées.

CHAPITRE II. — EFFETS DE LA FOUDRE SUR LE SOL. — FULGURITES ..... Pag. 443

Absence d'altération du sol. — Sillons. — Trajet horizontal. — Trajet souterrain. — Sol soulevé. — Canaux perpendiculaires. — Trous peu profonds. — Effets du météore sur les sources souterraines. — Rochers. Pierres. — Altération de la surface du sol.

Fulgurites. Historique. — Tubes fulminaires. Description générale. — Fulgurites pleines (allongées ou sphéroïdes). Fulgurites en feuillets. — Nature des fulgurites. Mécanisme de leur formation. — *Observations.* — Fulgurites d'Allemagne, de Dresde, de Loschwity, de Laukendorf, de Münster, de Rauschen, de Nietleben, d'Amrum, d'Angleterre, d'Écosse, de Drigg, de France, d'Afrique, du Brésil, de Rome (Amérique).

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU TOME PREMIER.

SBN
666276

Imprimerie L. TOINON et Cᵉ, à Saint-Germain.

Digitized by Google